

LINEA DE ALTA VELOCIDAD LA CORUÑA-LUGO. TRAMO LUGO-OUTEIRO DE REI

HIGH SPEED LINE LA CORUÑA-LUGO. SECTION LUGO-OUTEIRO DE REI

Escuela Técnica Superior Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil

Proyecto Fin de Grado Febrero 2018

Benavides Cabezas, Iván



DOCUMENTO 01: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA JUSTIFICATIVA

ANEJO 01: TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA

ANEJO 02: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO 03: IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO 04: GEOLOGIA Y GEOTECNIA

ANEJO 05: PLATAFORMA Y SUPERESTRUCTURA

ANEJO 06: ESTUDIO SISMICO

ANEJO 07: HIDROLOGIA Y DRENAJE

ANEJO 08: EXPROPIACIONES

ANEJO 09: TRAZADO

DOCUMENTO 02: PLANOS

PLANO 1: PLANOS DE SITUACIÓN

PLANO 2: PGOM. AFECCIONES AL SUELO

PLANO 3: PLANTA DE DETALLE

PLANO 4: SECCIONES TRANSVERSALES

PLANO 5: PERFIL LONGITUDINAL

PLANO 6: SECCIONES TIPO

DOCUMENTO 03: PRESUPUESTO

1- MEDICIONES AUXILIARES

2- MEDICIONES

3- PRESUPUESTO

4- RESUMEN DEL PRESUPUESTO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

MEMORIA DESCRIPTIVA



INDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO
3. SITUACION ACTUAL
4. AREA DE ESTUDIO
5. JUSTIFICACION DE LA SOLUCION ADOPTADA
6. ANALISIS DEL PROBLEMA
7. PRESUPUESTO
8. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO
9. CONCLUSIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El presente anteproyecto titulado “Línea de alta velocidad Lugo – La Coruña. Tramo de acceso a Lugo”, se redacta con la intención de completar los estudios correspondientes a la titulación del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de La Coruña.

El contenido del mismo se divide en tres documentos fundamentales: Memoria, planos y presupuesto. Es necesario destacar que, al ser este un anteproyecto de carácter académico algunos de los datos carecen del rigor necesario para la realización de un proyecto profesional. A pesar de ello se ha pretendido que en la realización de este proyecto se hayan respetado los aspectos técnicos fundamentales.

2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

El objetivo de este proyecto es la creación de una línea de alta velocidad que comunique las ciudades de Lugo y La Coruña, creando así un sistema de transporte eficaz que comunique la ciudad de Lugo con el resto de la comunidad gallega mediante la alta velocidad.

El proyecto corresponde a un tramo de la Línea de Alta Velocidad entre Madrid y Galicia, por consiguiente, a la Red Transeuropea de Transporte por Ferrocarril de viajeros (red de interés europeo), que son un conjunto planificado de redes prioritarias de transporte pensadas para facilitar la comunicación de personas a lo largo de toda la Unión Europea.

Con este trabajo se pretende potenciar el transporte ferroviario con las ventajas que esto lleva consigo:

- Disminución de la contaminación
- Mayor rapidez en los desplazamientos
- Aumento de la seguridad
- Mayor comodidad en el transporte
- Aumento de la calidad de vida
- Aumento de la competitividad de las empresas
-

3. SITUACIÓN ACTUAL

La vía pertenece a la línea 800 León-La Coruña de la red ferroviaria española. Es una línea de ferrocarril de que une la meseta con Galicia por el este recorriendo las provincias de León, Orense, Lugo y La Coruña.

Según la Declaración de la Red de Adif en su actualización de 2013, la línea está electrificada a 3 kV de corriente continua mediante hilo aéreo entre León y Monforte de Lemos, así como a 25 kV de corriente alterna en la estación de La Coruña, y es de vía única.

En lo referente a la señalización, toda la línea está dotada de Control de Tráfico Centralizado (CTC), con Bloqueo Automático de Vía Única (BAU) entre León y Monforte de Lemos y Bloqueo de Liberación Automática en vía única (BLAU) entre Monforte de Lemos y La Coruña.

A pesar de su condición de capital de provincia Lugo no dispone de una gran variedad de conexiones ferroviarias de largo recorrido. Dos Trenhotel, Madrid-Ferrol y Barcelona-La Coruña, tienen parada en la estación.

En el año 2010 Fomento, el Ayuntamiento de Lugo y la Xunta de Galicia firmaron un acuerdo para la construcción de la nueva estación intermodal de Lugo que integrará tren y autobús y que se situará en el emplazamiento de la actual estación de tren. Esta obra abre las puertas del AVE a la ciudad

La situación actual de las líneas de Alta Velocidad en España es la siguiente:

Líneas de Alta Velocidad



Hay que destacar que están cercanas a su finalización las obras de Alta Velocidad entre las ciudades de Zamora y Orense, esto hace que sea fundamental conectar la ciudad de Lugo tanto con Orense como con La Coruña. Otro factor fundamental es la conexión de Lugo tanto con el Aeropuerto de La Coruña (el más cercano a la ciudad) como con el Puerto de La Coruña (fundamental para la economía de Galicia).

4. AREA DE ESTUDIO

Nuestra zona de estudio se extiende entre los municipios de Lugo y Outeiro de Rei. La ciudad de Lugo se encuentra rodeada por el río Miño y por los pequeños ríos Chanca y Rato. Se encuentra situada en la Reserva de la Biosfera “Terras do Miño” declarada por la UNESCO en el año 2002.

El principal eje de comunicación de Lugo a lo largo de su historia contemporánea ha sido la carretera N-VI de Madrid a La Coruña, a través de la cual se fue conformando la ciudad extra-murallas a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, en la actualidad es fundamental para la economía y la vida de la capital lucense la cercanía de la Autovía A-6. En la ciudad confluyen varias carreteras secundarias, las principales son:

- N-540: Que une Lugo con Orense
- N-640: Uniendo Lugo con Villagarcía de Arosa
- C.G-2.2: Vía de alta capacidad Lugo – Monforte

5. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se han planteado tres alternativas distintas con el fin determinar cuál de ellas es la más idónea para desarrollar el presente anteproyecto.

Los aspectos que se han tenido en cuenta para la elección de la solución a desarrollar han sido:

- a) Aspectos relativos al trazado:** Se ha comparado el trazado en planta y en alzado de cada una de las alternativas presentadas. Se ha tenido en cuenta: Longitud del tramo, velocidad de proyecto y tiempos de recorrido, radios mínimos, pendientes máximas y mínimas, parámetros de acuerdos verticales y longitud de viaductos.
- b) Aspectos medioambientales:** El mayor o menor impacto de cada alternativa será función del volumen de diagrama de masas, contaminación acústica, afección a ríos, creación del efecto barrera y protección del patrimonio histórico.
- c) Aspectos sociales:** Valoran la afección a los núcleos urbanos y la funcionalidad futura; es decir, la repercusión social sobre las propiedades próximas a la traza.
- d) Aspectos económicos:** En este apartado se contabiliza el coste de la construcción de la línea de ferrocarril teniendo en cuenta las principales partidas que diferencian unas alternativas de las otras.

En el *Anejo número 02: Estudio de Alternativas* se desarrollan los métodos multicriterio empleados para elegir la solución óptima entre las tres posibilidades, quedando así suficientemente justificada la elección de la **ALTERNATIVA 3**.

6. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

a) Cartografía y topografía

Para la resolución de este anteproyecto se ha recurrido a una cartografía de la zona a escala 1/5.000 facilitada por la Xunta de Galicia.

El área cartografiada abarca una superficie aproximada de 80 Hectáreas, comprendiendo el tramo de Alta Velocidad desde la estación de ferrocarril de la ciudad de Lugo, situada al sur, hasta un punto final situado a una distancia aproximada de 2 kilómetros del pueblo de Outeiro de Rei

En el correspondiente *Anejo número 01: Cartografía y Topografía*, se explican con más detalle los pasos seguidos para la obtención de la superficie cartografiada.

b) Impacto Ambiental

Este estudio tiene por objeto determinar los efectos sobre el medio ambiente debidos a las actuaciones contempladas en este anteproyecto.

El marco legal para la definición del contenido del mismo se fundamentará en la Legislación Europea, Nacional y Autonómica en materia de evaluación ambiental.

La metodología que seguirá el presente estudio se resume en las ideas siguientes: descripción del proyecto, identificación de los impactos ambientales y determinación de las medidas correctoras.

En el *Anejo número 03: Impacto Ambiental* se concretan todos los condicionantes y medidas de corrección adoptadas para la nueva línea de Alta Velocidad.

c) Geología y Geotecnia

La línea de ferrocarril objeto de este proyecto atraviesa la Serie de Villalba del Cámbrico y Precámbrico. Esta serie está caracterizada en la zona por la presencia de rocas de composición político-grauváquica con intercalaciones esporádicas margosas (esquistos, esquistos micácicos y esquistos cuarzofeldespáticos).

En cuanto a las características geotécnicas de la zona, el sustrato está fundamentalmente constituido por filitas y pizarras de pequeño recubrimiento.

El sustrato tiene capacidad de carga alta, sin peligro de asientos. El conjunto del sustrato es fundamentalmente impermeable, de modo que la posibilidad de existencia de agua subterránea es muy escasa, y siempre asociada a accidentes de tipo local como fracturas o buzamientos.

En el *Anejo número 04: Geología y Geotecnia* se detallan las condiciones del terreno que sirve como sustento de la nueva explanada.



d) Plataforma y Superestructura

El dimensionamiento de las secciones de la superestructura se ha realizado de acuerdo con el método de dimensionado establecido por la *ficha UIC-719*, que permitirá definir los espesores y características de las capas de subbalasto y balasto en función de las características de la nueva plataforma.

La intensidad media diaria de ferrocarriles pesados prevista para la nueva vía en el año de la puesta en servicio es de 18.850 t/día, correspondiente a una categoría 5 según la norma “*UIC 714 – Classification of lines for the purpose of track maintenance*”.

La superestructura para nuestro anteproyecto, tendrá la siguiente composición: 40 centímetros de capa de forma, 30 centímetros de subbalasto y 30 centímetros de balasto.

En el correspondiente *Anejo número 05: Plataforma y Superestructura*, se justifica y se muestra como se han llegado a todas estas conclusiones.

e) Estudio Sísmico

El objetivo de este anejo es evaluar los posibles efectos que puede tener un acontecimiento sísmico excepcional sobre la obra a realizar, sirviendo de aproximación a los cálculos reales que deberán realizarse en el proyecto constructivo.

Se recurre a la norma NSCE-02, editada por el Ministerio de Fomento. A efectos de esta norma, de acuerdo con el uso al que se destinan, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra que se trate.

Se llega a la conclusión de que nuestra obra está encuadrada en una zona de “importancia normal”, nuestra zona de estudio se encuentra en el mapa sísmico en la zona de $a_c = 0.04g$

En el correspondiente *Anejo número 06: Estudio Sísmico*, se justifica y se muestra como se han llegado a todas estas conclusiones.

f) Hidrología y drenaje

En cuanto a las características hidrológicas de la zona de interés, el conjunto del sustrato es fundamentalmente impermeable, de modo que la posibilidad de existencia de agua subterránea es muy escasa. Debido a este carácter impermeable del conjunto, la lluvia útil vierte prácticamente en su totalidad en las subcuencas hidrográficas por escorrentía superficial.

En relación con el drenaje, la cuneta escogida es trapezoidal de 0,5 metros de ancho, con pendiente 1H:2V en el lado contiguo a la carretera y 1H:2V en el lado contrario, y con una profundidad de 0,2 metros. Toda esta información aparece extensamente detallada en el *Anejo número 07: Hidrología y Drenaje*.

g) Expropiaciones

Uno de los principales objetivos, a la hora de elegir las alternativas, fue no expropiar los bienes inmuebles que se encuentran tanto en el tramo inicial como en el final de línea de ferrocarril.

En el *Anejo número 08: Expropiaciones* se detalla la superficie total de los terrenos necesarios para la construcción de la alternativa elegida, aplicándose un precio medio por metro cuadrado expropiado según el tipo de suelo afectado.

h) Trazado

Según las especificaciones de las Instrucciones y recomendaciones para la redacción de proyectos de plataforma IGP – 3 en su última revisión del año 2011, se han adoptado los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que la línea de ferrocarril de estudio está diseñada con una velocidad de proyecto de 240 Km/h:

- Velocidad de proyecto: 240 km/h
- Terreno ondulado
- Radio mínimo normal: 3.100 m
- Radio mínimo excepcional: 2.650 m
- Valores de acuerdos verticales mínimos : 21.000 m
- Sección tipo : plataforma de 14 m
- Inclinação máxima de la rasante: 25‰ Los datos del trazado, tanto en planta como en alzado, de la alternativa a proyectar se detallan en el Anejo número 07: Trazado y en sus correspondientes apéndices.

Los datos del trazado, tanto en planta como en alzado, de la alternativa a proyectar se detallan en el Anejo número 09: Trazado y en sus correspondientes apéndices

7. PRESUPUESTO

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CUARENTA MILLONES QUINIENTOS CINCUENTA Y TRES MIL NOVENTA Y UN EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS (40.553.091,18€).

Asciende el presupuesto base de licitación con I.V.A. a la expresada cantidad de CINCUENTA Y OCHO MILLONES TRESCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (58.392.395,99€).

8. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

DOCUMENTO 01: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA JUSTIFICATIVA

ANEJO 01: TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA

ANEJO 02: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO 03: IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO 04: GEOLOGIA Y GEOTECNIA

ANEJO 05: PLATAFORMA Y SUPERESTRUCTURA

ANEJO 06: ESTUDIO SISMICO

ANEJO 07: HIDROLOGIA Y DRENAJE

ANEJO 08: EXPROPIACIONES

ANEJO 09: TRAZADO

DOCUMENTO 02: PLANOS

PLANO 1: PLANOS DE SITUACIÓN

PLANO 2: PGOM. AFECCIONES AL SUELO

PLANO 3: PLANTA DE DETALLE

PLANO 4: SECCIONES TRANSVERSALES

PLANO 5: PERFIL LONGITUDINAL

PLANO 6: SECCIONES TIPO

DOCUMENTO 03: PRESUPUESTO

1- MEDICIONES AUXILIARES

2- MEDICIONES

3- PRESUPUESTO

4- RESUMEN DEL PRESUPUESTO

9. CONCLUSIÓN

Considerando que el presente anteproyecto “Línea de alta velocidad Lugo – Ourense. Tramo de acceso a Lugo” ha sido redactado conforme a la legislación y normativa en vigor se eleva su aprobación al Tribunal de Proyectos Fin de Grado.

La Coruña, a 16 de Febrero de 2018.

El autor del proyecto



Iván Benavides Cabezas



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

MEMORIA JUSTIFICATIVA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

INDICE MEMORIA JUSTIFICATIVA

ANEJO 01: TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA

ANEJO 02: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO 03: IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO 04: GEOLOGIA Y GEOTECNIA

ANEJO 05: PLATAFORMA Y SUPERESTRUCTURA

ANEJO 06: ESTUDIO SISMICO

ANEJO 07: HIDROLOGIA Y DRENAJE

ANEJO 08: EXPROPIACIONES

ANEJO 09: TRAZADO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANEJO N°01: CARTOGRAFÍA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

INDICE ANEJO N°01: CARTOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN
2. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA

1. INTRODUCCIÓN

La intencionalidad de este anejo es mostrar la información cartográfica que se ha utilizado en la realización de la línea de Alta Velocidad

2. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA

La cartografía empleada ha sido proporcionada por la Biblioteca de la Universidad de Coruña, elaborada por la Xunta de Galicia. Corresponde a las hojas: 0072A-0808, 0072A-0708, 0072A-0608, 0072A-0807, 0072A-0707, 0072A-0607, 0072A-0806, 0072A-0706, 0072A-0606, 0072A-0805, 0072A-0705, 0072A-0605, 0072A-0804, 0072A-0704, 0072A-0604, 0072A-0803, 0072A-0703, 0072A-0603. Todas ellas pertenecientes a la Base Topográfica de 2003 a escala 1/50.000.

Las hojas cartográficas pertenecen a los municipios de Lugo y Outeiro de Rei.

El tratamiento de esta cartografía se ha realizado con el programa informático AutoCAD 2012 de la empresa Autodesk Inc. Por ser éste un trabajo de carácter académico, no se ha completado la cartografía con información de campo mediante servicios topográficos, labor que debería de hacerse en la realidad.

INDICE ANEJO N°02: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. SITUACIÓN ACTUAL
2. CONDICIONANTES DE LA ZONA
 - a. Orografía
 - b. Hidrografía
 - c. Núcleos urbanos
 - d. Infraestructuras
 - e. Terrenos
3. CRITERIOS DE DISEÑO
 - a. Normativa y documentos de referencia
 - b. Planta
 - c. Alzado
4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
 - a. Alternativa 1
 - b. Alternativa 2
 - c. Alternativa 3
5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
 - a. Aspectos del trazado
 - b. Aspectos medioambientales
 - c. Aspectos sociales
 - d. Aspectos económicos
6. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA
 - a. Aspectos del trazado
 - b. Aspectos medioambientales
 - c. Aspectos sociales
 - d. Aspectos económicos
7. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA
8. CONCLUSIÓN FINAL

APÉNDICE 01: LISTADO DE ALINEACIONES

APÉNDICE 02: ESTADO DE RASANTES

APÉNDICE 03: RESUMEN DE MEDICIONES POR EJE

APÉNDICE 04: PRESUPUESTOS

APÉNDICE 05: PLANOS DE LAS ALTERNATIVAS

1. SITUACIÓN ACTUAL

La llegada del AVE a Galicia a través de la conexión de la ciudad de Orense con Madrid hace necesario el diseño de nuevos corredores que permitan la conexión de los principales núcleos urbanos de la comunidad gallega.

La vía pertenece a la línea 800 León-La Coruña de la red ferroviaria española. Es una línea de ferrocarril de que une la meseta con Galicia por el este recorriendo las provincias de León, Orense, Lugo y La Coruña.

Según la Declaración de la Red de Adif en su actualización de 2013, la línea está electrificada a 3 kV de corriente continua mediante hilo aéreo entre León y Monforte de Lemos, así como a 25 kV de corriente alterna en la estación de La Coruña, y es de vía única.

Actualmente podemos considerar la ciudad de Lugo como la capital de provincia de Galicia peor comunicada por vía férrea, este condicionante le hace ser además una de las capitales de provincia peores comunicadas de todo el Estado.

La vía actual no está preparada para albergar trenes de alta velocidad por múltiples razones:

- Los radios de las curvas circulares (que en Alta Velocidad tienen un radio mínimo, para la velocidad de proyecto utilizada, de 3100 metros) tienen unos valores que en algún caso no alcanzan siquiera los 600 metros.
- En cuanto a los valores de insuficiencia y exceso de peralte la vía actual presenta valores de aproximadamente 150 mm, quedándose muy alejado de los valores recomendados por la Alta Velocidad española (80mm)
- El ancho de vía actual es de 1668 mm perteneciendo a la red de tren de ancho ibérico, mientras que la Alta Velocidad transcurre en anchos internacionales de 1435 mm.

2. CONDICIONANTES DE LA ZONA

Todas las alternativas estudiadas han estado condicionadas por la naturaleza de nuestra área de estudio, en especial por la topografía y por los cauces fluviales que atraviesan la zona de impacto. A estos dos condicionantes fundamentales se le suman otros como son los asentamientos poblacionales o la flora y la fauna presentes. A continuación se especifican lo más detalladamente posible los condicionantes existentes:

a) Orografía

En primer lugar, la orografía de la zona se puede considerar ondulada en prácticamente toda su extensión en el área de actuación, lo cual permite el diseño de pendientes suaves y trazas relativamente homogéneas. La ciudad de Lugo se encuentra en una colina rodeada por el río Miño y los regatos Rato y Chanca. La diferencia de altitud entre el centro de la ciudad y las márgenes fluviales es de cierta consideración, ya que mientras en el centro la altitud es de 465 metros sobre el nivel del mar, en el Miño, a la altura del Paseo Fluvial, la altitud es de 364 metros.

Más allá de la ciudad, en la comarca de Lugo, el relieve se caracteriza por una extensa zona de erosión o penillanura. La mayoría del territorio es de naturaleza granítica. Esto deriva en una topografía

ondulada, con una altitud media entre los 400 y 500 metros, que se mantiene a través del municipio de Outeiro de Rei.

b) Hidrografía

El principal condicionante en este aspecto es el Río Miño que transcurre a mano izquierda de lo que es la actual vía del ferrocarril. La cercanía de este cauce fluvial a la traza de la vía hace que en las proximidades exista una amplia actividad fluvial existiendo múltiples cauces fluviales que obligan a la construcción de viaductos con la intención de salvarlos.

Por último los márgenes del río Miño son considerados desde el año 2002 como Reserva de la Biosfera “Terras do Miño”. Este aspecto se puede observar en el plano temático 5.1.1

c) Núcleos urbanos

La alta presencia de núcleos urbanos es uno de los mayores condicionantes, en primer lugar nos encontramos en el punto de partida con el polígono industrial de O Ceao lo que impide una salida sin tener que cruzar la Autovía A-6, esto hace que todas nuestras alternativas discurran hacia el norte de la Autovía.

Más adelante nos encontramos una gran dispersión de poblaciones que condicionan totalmente el trazado en planta, intentando evitar lo máximo posible la desaparición de estos núcleos urbanos, es de especial importancia el núcleo de San Clodio, como se especifica más adelante se han diseñado curvas por debajo de 3.100 metros de radio con el fin de evitar la desaparición del pueblo.

En el plano 5.1.4 se indican los principales núcleos de población que encontramos en nuestra zona de estudio, en dicho plano se puede observar también la importante dispersión que existe en la zona lo cual condiciona nuestro trazado en planta.

Hay que destacar también la presencia cercana a la Autovía del polígono industrial de Outeiro de Rei el cual hace que no podamos transcurrir paralelamente a la A-6 en todo su recorrido.

d) Infraestructuras

Es de gran importancia considerar los condicionantes que nos imponen las infraestructuras existente en la zona de estudio. Una de ella es el paso de la Autovía A-6 que transcurre en dirección hacia La Coruña, casi paralelamente a la Autovía A-6 se encuentra la actual línea de ferrocarril Palencia-La Coruña. Ambos son grandes condicionantes a la hora del diseño de las alternativas, ya que obligan a la disposición de gálibos verticales mínimos de nueve metros en todos los cruces existentes entre ambos trazados.

Es de especial interés el cruce con la carretera LU-115 ya que todas nuestras alternativas la atraviesan teniendo que cumplir el gálibo establecido por normativa, de igual forma al discurrir nuestro proyecto en un tramo cercano a la Autovía A-6 se atraviesan multitud de carreteras secundarias como son la LU-760, N-640 o la LU-P-3906.

Hacia el Oeste nos encontramos con el Río Miño y su entorno conformando lo que desde el año 2002 es considerado como Reserva de la Biosfera “Terras do Miño”. Como es lógico queda totalmente prohibida la construcción en este paraje natural por lo que el trazado de las alternativas no puede invadir este territorio. Queda reflejado en el plano 5.1.1 la afección que la Reserva de la Biosfera tiene sobre nuestro proyecto.

3. CRITERIOS DE DISEÑO

En este apartado se definen aspectos técnicos y de diseño del trazado explicitando la normativa que se ha empleado en el cálculo.

Hay que destacar que nos encontramos ante una vía diseñada para el tráfico únicamente de pasajeros.

a) Normativa y documentos de referencia

Todos los cálculos se hacen siguiendo como referencia las Instrucciones y recomendaciones para la redacción de proyectos de plataforma IGP – 3 en su última revisión del año 2011. La velocidad de proyecto se establece en 240 km/h para todas las alternativas.

b) Planta

El trazado en planta consiste en un eje de doble vía que permite la circulación de trenes en ambos sentidos. Se especifican a continuación las recomendaciones IGP – 3 v2011 normales y excepcionales para velocidades comprendidas entre 200 y 250 km/h


	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
	INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

TABLA IV - GEOMETRÍA DEL TRAZADO PARA DISTINTAS VELOCIDADES

Velocidad máxima de proyecto (km/h)	Velocidad mínima admisible de trenes lentos (km/h)	Radio mínimo curva circular (m)		Longitud mínima de clotoide (m)		Parámetro mínimo en acuerdos verticales (m)	
		Normal	Excepcional	Normal	Excepcional	Normal	Excepcional
140	75	1.000	750	190	160	7.000	5.000
150	80	1.125	900	200	160	8.000	5.900
160	85	1.275	1.000	210	160	9.000	6.300
170	90	1.450	1.110	220	160	10.000	7.100
180	95	1.600	1.250	240	160	11.500	8.000
190	100	1.800	1.400	250	170	12.500	8.900
200	105	2.200	1.850	280	180	15.000	8.900
210	110	2.400	2.050	280	190	16.000	9.600
220	115	2.600	2.200	290	200	17.000	10.600
230	120	2.850	2.450	300	210	19.000	11.500
240	125	3.100	2.650	320	220	21.000	12.600
250	135	3.550	3.100	330	230	22.000	12.600
260	140	3.850	3.350	340	240	24.000	13.600
270	145	4.150	3.600	350	240	26.000	14.300
280	150	4.450	3.900	370	250	28.000	15.400



	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
	INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

TABLA II - PARÁMETROS FUNCIONALES PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO

Velocidad máxima de proyecto:		V_{\max} (km/h) < 140		$140 \leq V_{\max}$ (km/h) < 200		$200 \leq V_{\max}$ (km/h) < 250		$250 \leq V_{\max}$ (km/h) < 300		$300 \leq V_{\max}$ (km/h)	
TRAZADO EN PLANTA		Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
MÁX. INSUF. DEL PERALTE	I_{\max} (mm)	100	130	100	150	80	100	70	80	60	
MÁX. AC. SIN COMPENSAR	a_{\max} (m/s ²)	0,65	0,85	0,65	0,98	0,52	0,65	0,46	0,52	0,39	
MÁX. EXCESO DE PERALTE (V_{\min} DE TRENES LENTOS)	E_{\max} (mm)	80	100	80	100	80	100	80	100	80	
MÁX. VAR. PERALTE CON TIEMPO [dD/dt] _{max} (mm/s)	$(V_{\max} / 3,6) \cdot (D / L)$	30	50	30	50	30	50	30	50	30	
MÁX. VAR. ÁNGULO DE GIRO DE LA VÍA [dδ/dt] _{max} (rad/s)	$(V_{\max} / 3,6) \cdot (D / 1507) / L$	0,020	0,033	0,020	0,033	0,020	0,033	0,020	0,033	0,020	
MÁX. VAR. INSUF. CON EL TIEMPO [dE/dt] _{max} (mm/s)	$(1 / L) \cdot (V_{\max} / 3,6)$	30	55	30	55	30	50	30	50	30	
MÁX. VAR. AC. NO COMP. CON EL TIEMPO [da _c /dt] _{max} (m/s ³)	$(a_c / L) \cdot (V_{\max} / 3,6)$	0,20	0,36	0,20	0,36	0,20	0,33	0,20	0,33	0,20	


	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
	INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

TABLA III - PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO DEL TRAZADO

Velocidad máxima de proyecto:		V_{\max} (km/h) < 140		$140 \leq V_{\max}$ (km/h) < 200		$200 \leq V_{\max}$ (km/h) < 250		$250 \leq V_{\max}$ (km/h) < 300		$300 < V_{\max}$	
TRAZADO EN PLANTA		Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
PERALTE MÁXIMO	D_{\max} (mm)	140	160	140	160	140	160	140	160	140	
MÁX. VAR. PERALTE RESP. DE LA LONGITUD (Rango de punta)	[dD/dt] _{max} (mm/s)	0,8	2,0	0,8	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	
LONGITUD MÍNIMA DE ALINEACIONES DE CURVATURA CONSTANTE (m)	CURVA CIRCULAR	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 4$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	
	RECTA ENTRE CURVAS DE IGUAL SIGNO DE CURVATURA	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 4$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	
	RECTA ENTRE CURVAS DE DISTINTO SIGNO DE CURVATURA (quede por cero)	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 4$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	

c) Alzado

Al igual que en el apartado anterior se muestran a continuación las recomendaciones IGP – 3 v2011 normales y excepcionales para velocidades comprendidas entre 200 y 250 km/h


	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
	INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

TABLA II - PARÁMETROS FUNCIONALES PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO

Velocidad máxima de proyecto:		V_{\max} (km/h) < 140		$140 \leq V_{\max}$ (km/h) < 200		$200 \leq V_{\max}$ (km/h) < 250		$250 \leq V_{\max}$ (km/h) < 300		$300 \leq V_{\max}$ (km/h) < 350	
TRAZADO EN ALZADO		Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
MÁX. ACCELERACIÓN VERTICAL	a_{\max} (m/s ²)	0,22	0,31	0,22	0,31	0,22	0,35	0,22	0,39	0,22	0,44


	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
	INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

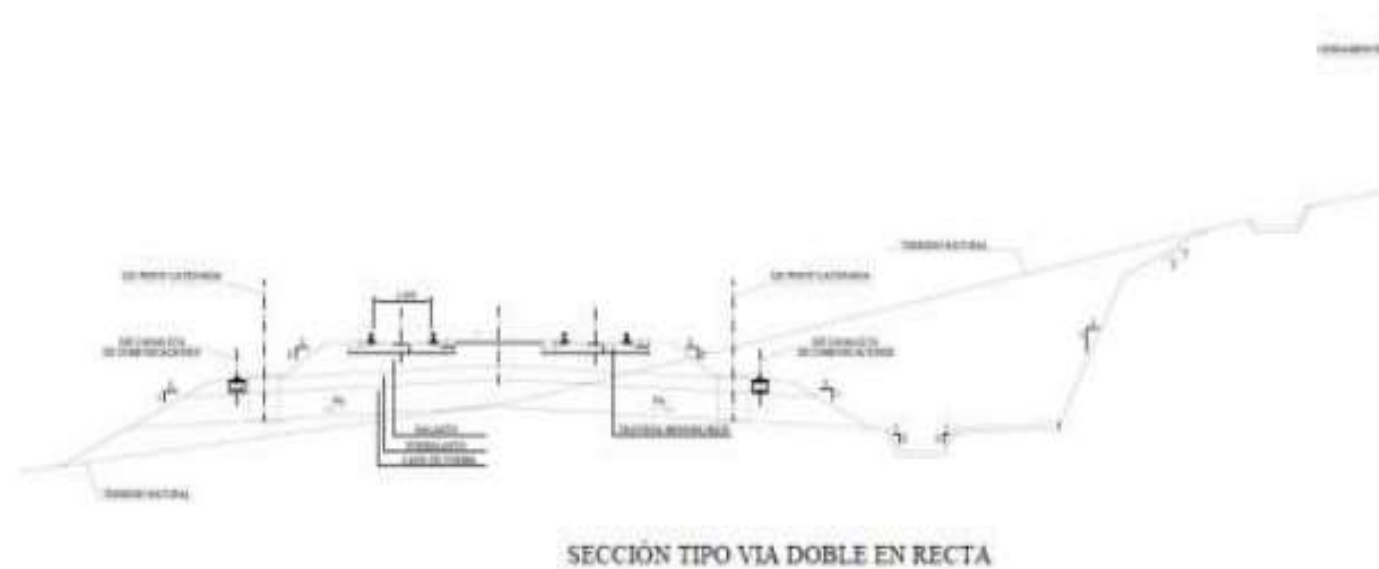
TABLA III - PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO DEL TRAZADO

TRAZADO EN ALZADO		Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
PENDIENTE LONGITUDINAL MÁX.	Via general. Tráfico de viajeros	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30
	Via general. Tráfico mixto	15	18	15	18	15	18	15	18	15	18
	En apartaderos	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5
PENDIENTE LONG. MÍNIMA EN TÚNELES Y TRINCHERAS	i_{\min} (‰)	5	2	5	2	5	2	5	2	5	2
LONGITUD MÍN. DE ACUERDOS VERTICALES	(m)	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 4$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$
LONGITUD MÍN. DE RASANTE UNIFORME ENTRE ACUERDOS	(m)	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 4$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 3$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$	$\geq V_{\max} / 1,5$	$\geq V_{\max} / 2$
LONGITUD MÁX. DE RASANTE CON LA PENDIENTE MÁXIMA (°)	(m)	3000		3000		3000		3000		3000	

(*) Para pendientes inferiores a la máxima admisible justificar que la pérdida de velocidad no supone el 10% de las velocidades máxima y mínima de circulación.



A continuación se muestra la sección tipo empleada para obras de tierra en doble vía:



4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Las alternativas parten de la estación de Lugo, distinguiendo en cada una un tramo inicial sobre la vía existente, de longitud 3.500m y común a todas ellas, y un segundo tramo de nuevo trazado hasta las inmediaciones de Outeiro de Rei.

El tramo ubicado sobre la vía actual ha sido estudiado para confirmar su viabilidad, pero no se ha considerado dentro del alcance del presente proyecto académico. Así pues, las distintas alternativas que serán comparadas en este estudio se plantearán desde el punto situado a 3.500 m de la estación

Conectado a través de un desvío, cuyo diseño no es objeto de este anteproyecto, se desarrolla el segundo tramo del recorrido, con una traza característica según cada alternativa y diseñado en doble vía y ancho internacional con una velocidad de proyecto de 240 km/h. El punto final de estas alternativas se sitúa aproximadamente al paso del Río Miño por la población lucense de Outeiro de Rei.



a) Tramo Común

En primer lugar se ha estudiado la llegada de la Alta Velocidad a la ciudad de Lugo partiendo lógicamente desde la estación de ferrocarril. Los primeros 3.500 metros a partir de la estación transcurren por terreno urbano, atravesando gran parte del norte de Lugo, esto conlleva un gran condicionante a la hora de diseñar nuestro proyecto.

Los primeros 1.200 metros a partir de la estación son los más problemáticos a la hora del diseño de nuestro proyecto ya que la vía va encajada entre calles y viviendas. En el margen izquierdo nos encontramos con la Avenida Infanta Elena, una calle de doble calzada con dos carriles por sentido, la cual en su parte más ancha ocupa hasta 30 metros de anchura, alejando las viviendas del ferrocarril.

En el margen derecho nos encontramos mayores problemas respecto a las viviendas ya que en los primeros metros a partir de la estación las viviendas se encuentran separadas de la vía férrea por la calle Vía Láctea, una calle de una única calzada de 5 metros de ancho. Transcurridos 700 metros encontramos nuestro mayor condicionante a la hora de abandonar la ciudad y es que en el margen derecho desaparece la calle y las fincas y viviendas se encuentran a apenas dos metros de la vía de ferrocarril.

Una vez abandonado el casco urbano durante el siguiente kilómetro y medio no encontramos condicionantes importantes a la hora de la adaptación a la Alta Velocidad, exceptuando terrenos y viviendas aisladas que se encuentran a la salida de la ciudad.

Por último ya al final de nuestro recorrido común para las 3 alternativas nos encontramos con el hándicap de la existencia del Polígono Industrial de O Ceao al margen izquierdo de la vía. Es posible desplazar la vía unos metros hacia el margen derecho para evitar la afección a las industrias ya establecidas en el polígono.

En resumen, el mayor condicionante a la hora de la adaptación de la vía existente a la Alta Velocidad lo vamos a encontrar en intentar minimizar al máximo la superficie de expropiación, especialmente entre los PK 0+700 y 1+500 que es en donde las viviendas están más cerca del eje de la vía.

Este problema se puede salvar mediante la construcción de muros que separen las edificaciones de la vía y de hecho así se hará en los casos en los que la realización de un terraplén afecte negativamente a la vida de los vecinos.

Se puede observar en el plano 5.1.2 la afección que va a tener la construcción de esta nueva vía sobre el PGOM actual de la ciudad, una vez analizado y estudiado la realización de estos 3.500 metros de adaptación de vía son totalmente viables para la Administración.



b) Alternativa 1

El trazado de Alta Velocidad de la Alternativa 1 discurre a lo largo de diez kilómetros posicionándose al norte de la red de ferrocarril actual. Cruza la Autovía A-6 mediante un paso hincado en el PK 0+500 permitiendo un gálibo vertical suficiente para el tránsito de vehículos.

La primera curva hacia el este se trata de una curva de 2.800 metros, por debajo de los 3.100 metros que marca la normativa de radio mínimo para una velocidad de proyecto de 240 km/h, esto es así para evitar la desaparición del pueblo de Cacabelos.

En el PK 1+524 comenzamos una sección en túnel con el objetivo de no realizar desmontes de más de 30 metros de altura que afectarían negativamente en cuanto al aspecto medioambiental, en dicho túnel la pendiente es de un 18 ‰ hasta que se produce un cambio de rasante para comenzar el descenso hacia Outeiro de Rei, la sección en túnel se prolonga hasta el PK 3+850.

Con el fin de realizar un viaducto lo más corto posible la pendiente en descenso se lleva hasta el 20‰, ya que es este el máximo que marca la normativa. A pesar de forzar al máximo la pendiente en el P.K 3+420 comenzamos un viaducto que se prolonga hasta el P.K 5+900 cubriendo una longitud total de 2480 metros.

Desde este PK hasta el final de la Alternativa 1 en cuanto al perfil longitudinal el trazado se adapta al terreno lo máximo posible, transcurriendo con pendientes moderadas de máximo 10,8‰. En cuanto al trazado en planta en este tramo transcurre entre rectas y curvas de 3.100 metros de radio girando siempre hacia el noroeste en busca del pueblo de Outeiro de Rei.

En resumen, esta alternativa cuenta con nueve pasos inferiores y un paso superior, esto condiciona mucho el trazado de la misma ya que es necesario dejar gálibo suficiente en los cruces de la nueva vía de Alta Velocidad con los caminos y carreteras existentes.

El trazado en planta presenta radios mínimos de 3.100 metros a excepción de la primera curva que cuenta con un radio excepcional de 2.800 metros con el fin de evitar la expropiación de una gran multitud de propiedades.

En alzado la pendiente está condicionada por la máxima pendiente impuesta por normativa del 20‰ para una velocidad de proyecto de 240 km/h, es por ello que las pendientes de esta alternativa se mueven entre el 2.6 ‰ y el 20‰. Del mismo modo, en alzado, la alternativa presenta acuerdos verticales amplios que permiten la cómoda transición cuando existen cambios de pendiente-

Debido al gran desnivel existente en nuestra zona de estudio y por lo tanto al gran movimiento de tierras que supone esta orografía es necesario disponer tanto de un túnel como de un viaducto. El túnel transcurre desde el P.K 1+524 hasta el P.K 2+900 cubriendo una longitud total de 1.376 metros, mientras que el viaducto comprende desde el P.K 3+420 hasta el P.K 5+900 con una longitud total de 2.480 metros, con el fin de disminuir al máximo la longitud del viaducto se diseñan con alturas máximas de estribo de 13 metros y vanos equidistantes.

Esta orografía complicada nos lleva a que el movimiento de tierras final suponga un exceso de tierras de algo más de 400.000 metros cúbicos de tierra, si bien lógicamente se ha intentado reducir esta cantidad lo máximo posible adaptándonos siempre que es posible al terreno y construyendo infraestructuras en túnel o viaducto cuando los desmontes y terraplenes superan los 30 metros de altura.

Así mismo la práctica totalidad de la alternativa transcurre a través de suelos rústicos de bajo valor socio-económico.



c) Alternativa 2

La Alternativa 2, cuenta con una longitud de 9.275 metros y transcurre paralelamente a la Autovía A-6, atravesando la actual línea de ferrocarril en dos ocasiones, la primera en el P.K 2+950 y la segunda en el P.K 8+350, y atravesando la Autovía A-6 en el P.K 0+480.

Esta Alternativa comienza con una curva hacia el oeste de 3.100 metros de radio, ya en el PK 2+650 tenemos unos terraplenes que superan la altura máxima permitida por lo que se hace necesaria la construcción de un viaducto que se prolonga hasta el PK 3+850 cubriendo una longitud de 1.200 metros, con la intención de reducir al máximo la longitud del viaducto el trazado desciende con una pendiente del 20‰, el máximo permitido por normativa. Entre los PK 3+850 y 4+100 el terreno experimenta un ligero ascenso que nos permite no disponer de una sección en viaducto, para volver a comenzar este en el PK 4+100 prolongándose durante 450 metros hasta el PK 4+550.

Desde ese momento el trazado transcurre con una pendiente muy suave del 2‰, mientras que la traza en planta experimenta una curva de derechas de radio 3.500 metros hacia el norte con la intención de mantenerse paralelamente a la Autovía A-6 y no volver a cruzarla con el trastorno que ello supondría.

En el PK 7+400 nos encontramos con que la traza en planta atraviesa el polígono industrial de Outeiro de Rei, para evitar la desaparición de dicho centro industrial se hace necesaria la construcción de otro viaducto que se prolonga hasta el PK 7+900 cubriendo un total de 500 metros.

Finalmente en los últimos kilómetros de trazado, este sufre una variación de su rasante para terminar con una pendiente descendente de 17.3‰ con la finalidad de adaptarse lo más posible al terreno.

En resumen, esta alternativa cuenta con un total de diez pasos inferiores y cinco pasos superiores con los condicionantes que ello supone para la realización de nuestro proyecto.

En cuanto al trazado en planta, esta solamente cuenta con dos curvas con radios amplios comprendidos entre los 3.100 y los 3.500 metros de radio inferiores a los que establece la normativa para una velocidad de proyecto de 240 km/h. Es de especial interés mencionar que esta alternativa atraviesa parte del polígono industrial de Otero del Rey lo que hace que sea necesaria la construcción de viaductos para poder garantizar el futuro funcionamiento de dicho polígono industrial

En alzado las pendientes oscilan entre el 0,2% y el 2% inferiores al máximo impuesto por normativa permitiendo una rodadura suave y cómoda para el usuario. Hay que destacar que al atravesar en varias ocasiones la línea ferroviaria y la autovía esto ha supuesto un gran condicionante en el alzado de esta alternativa ya que es necesario dejar los gálibos necesarios para su correcto funcionamiento. Los acuerdos verticales son amplios superando el valor de k establecido por la normativa.

Al igual que en la alternativa anterior la dificultad de la orografía nos lleva a que sea necesaria la construcción de tres viaductos para salvar los desniveles existentes, el primer viaducto transcurre entre los P.K 2+650 y el P.K 3+850 con una longitud total de 1.200 metros, el segundo comprende los P.K 4+100 hasta el P.K 4+550 cubriendo una longitud de 450 metros, mientras que el tercero va desde el P.K 7+400 hasta el P.K 7+900 recorriendo una longitud de 500 metros. En esta ocasión al no existir coberturas de tierra de más treinta metros no se hace necesaria la implantación de túneles a lo largo de los nueve kilómetros de la alternativa.

La imposibilidad de construir secciones tipo túnel sumado a la dificultad que presenta el terreno hace que la compensación de tierras sea desigual con un déficit de tierras de poco más de 200.000 metros cúbicos.

Asimismo, prácticamente toda la totalidad del trazado discurre a través de suelos rústicos. En puntos singulares, la traza también afecta a suelos urbanizables, sobre todo en el municipio de Outeiro de Rei. Hay que destacar la importancia de la construcción de un viaducto al atravesar el polígono industrial de Outeiro de Rei ya que esto hace posible que no sea vean afectados suelos de carácter industrial.



d) Alternativa 3

El trazado de la alternativa 3 es el de mayor longitud con una longitud total de 11.592 metros transcurre al norte de las otras dos. Cruza la Autovía A-6 en el P.K 0+450 con un galibo suficiente para el correcto tránsito de los vehículos, esta alternativa no cruza la actual vía del ferrocarril en ninguna ocasión. Cuenta con ocho pasos inferiores y tres superiores.

Al igual que la alternativa 1 la primera curva cuenta con un radio excepcional de 2.800 metros con el fin de evitar la desaparición del pueblo de Cacabelos y minimizar lo máximo posible las expropiaciones a realizar.

En alzado esta alternativa comienza adaptándose lo mas posible al terreno existente, hasta el PK 1+800 en donde los desmontes existentes comienzan a ser elevados. En el PK 3+050 se produce un cambio de rasante notable, pasando de una pendiente ascendente de un 11.2‰ a una pendiente descendente del 20‰.

La existencia de grandes terraplenes existentes en el camino hacia el valle hace necesaria la construcción de un viaducto desde el PK 4+900 hasta el PK 5+900 con una longitud total de 1.000 metros. Desde este punto en adelante la traza del ferrocarril se adapta al terreno lo máximo posible con pendientes muy suaves que no superan el 6.3‰.

En planta la traza va continuamente girando hacia el noroeste en busca del pueblo de Outeiro de Rei, las siguientes tres curvas de las que se compone nuestra alineación son curvas de izquierdas de radio 3.100 metros.

En resumen, en alzado las pendientes oscilan entre el 1.97% y el 0.09% inferiores al 2% que establece la normativa para la velocidad de proyecto de 240 km/h. Al no atravesar la línea actual del ferrocarril o la autovía en más ocasiones esto hace que se pueda jugar más con las pendientes posibles. Los acuerdos verticales son amplios con radios superiores a los 21.000 metros lo que permite una transición entre pendientes suave y cómoda.

La traza en planta está compuesta por radios mínimos de 3.100 metros como especifica la normativa, a excepción de la primera curva que posee un radio de 2.800 metros con el fin de que el número de expropiaciones no aumente innecesariamente

La orografía que ocupa esta alternativa es más benevolente que en las dos anteriores esto hace que solamente sea necesaria la construcción de un viaducto entre los P.K 4+900 y P.K 5+900 con una longitud total de 1.000 metros, muy inferior a la longitud que requerían las alternativas 1 y 2. Como no existen coberturas de tierra superiores a los 30 metros de altura no se hace necesaria la construcción de secciones en túnel.

En cuanto al movimiento de tierras al ser esta alternativa la que presenta una mejor orografía también es la que presenta una mejor compensación de tierras con un solamente un déficit de tierras de 52.000 metros cúbicos. Al igual que en las alternativas anteriores la práctica totalidad de la traza transcurre por suelo rustico de bajo valor socio-económico.



ALTERNATIVA 1. RESUMEN	
Longitud Total	10.030 m
Estructuras	
Túnel 1	1.376 m
Viaducto 1	2.480m
Total Estructuras	3.856m
Pasos Superiores	
Pasos Superiores	1
Pasos Inferiores	8
Movimiento de Tierras	
Desmonte	1.118.545m ³
Terraplén	717.571m ³
Total Balance de Tierras	400.973m ³

Pasos Superiores	
Paso Superior 1	219,52m ²
Pasos Inferiores	
Paso Inferior 1	236,56 m ²
Paso Inferior 2	126,97m ²
Paso Inferior 3	127,54m ²
Paso Inferior 4	124,35m ²
Paso Inferior 5	155,21m ²
Paso Inferior 6	871,55m ²
Paso Inferior 7	166,55m ²
Paso Inferior 8	262,45m ²



ALTERNATIVA 2. RESUMEN	
Longitud Total	9.275m
Estructuras	
Viaducto 1	1.200 m
Viaducto 2	450 m
Viaducto 3	500 m
Total Estructuras	2.150 m
Pasos Superiores	5
Pasos Inferiores	9
Movimiento de Tierras	
Desmonte	1.140.005m ³
Terraplen	1.343.636m ³
Total Balance de Tierras	203.361m ³

Pasos Superiores	
Paso Superior 1	951,66m ²
Paso Superior 2	308,22m ²
Paso Superior 3	207,57m ²
Paso Superior 4	720,42m ²
Paso Superior 5	514,23m ²
Pasos Inferiores	
Paso Inferior 1	366.36 m ²
Paso Inferior 2	356,05m ²
Paso Inferior 3	374,88m ²
Paso Inferior 4	644,94m ²
Paso Inferior 5	977,1m ²
Paso Inferior 6	787,05m ²
Paso Inferior 7	360,61m ²
Paso Inferior 8	379,62m ²
Paso Inferior 9	260,19m ²



ALTERNATIVA 3. RESUMEN	
Longitud Total	11.592m
Estructuras	
Viaducto 1	1.000 m
Total Estructuras	1.000m
Pasos Superiores	1
Pasos Inferiores	9
Movimiento de Tierras	
Desmonte	1.420.621m ³
Terraplen	1.472.698m ³
Total Balance de Tierras	52.077m ³

Pasos Superiores	
Paso Superior 1	204,73m ²
Pasos Inferiores	
Paso Inferior 1	286,21 m ²
Paso Inferior 2	196,97m ²
Paso Inferior 3	198,10m ²
Paso Inferior 4	353,28m ²
Paso Inferior 5	165,70m ²
Paso Inferior 6	359,75m ²
Paso Inferior 7	171,04m ²
Paso Inferior 8	154,31m ²
Paso Inferior 9	206,21m ²

5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para la evaluación individual de cada una de las alternativas, se han elegido una serie de criterios basados en los siguientes aspectos:

Aspectos del trazado: Valora la geometría y la calidad del trazado, tanto en planta como en perfil, en cuanto a velocidades de proyecto, calidad de las conexiones con el resto de líneas de ferrocarril convencional, la complejidad que ofrece el uso de varios anchos de vía y en especial atendiendo a los siguientes aspectos geométricos:

- Longitud del tramo.
- Velocidad de proyecto y tiempos de recorrido.
- Radios mínimos.
- Pendientes máximas y mínimas.
- Parámetros de acuerdos verticales.
- Longitud de viaductos.

Aspectos medioambientales: Valora el impacto ambiental que genera cada alternativa, es decir, el grado de afección al medio ambiente que se produce debido al movimiento de tierras y la dimensión del proyecto. Debido a la singularidad del trazado los diagramas de masas ofrecen unos volúmenes de desmonte muy superiores a los de terraplén. En particular, se hará especial hincapié en los siguientes aspectos:

- Diagrama de masas.
- Afección a ríos.
- Creación del efecto barrera.
- Protección del patrimonio histórico

Aspectos sociales: Presta especial atención a los núcleos urbanos, evaluando las construcciones y viviendas afectadas, así como la funcionalidad futura. Por otra parte, se evaluará la afección que produce el trazado a los suelos y caminos existentes. En particular, se prestará atención a los siguientes aspectos sociales:

- Edificaciones y caminos afectados.
- Impacto paisajístico y movilidad poblacional.
- Afección al suelo urbano, no urbanizable y especial protección.

Aspectos económicos: Relacionado principalmente con el coste de cada alternativa, es decir, una valoración económica aproximada con un presupuesto simplificado dividido en capítulos, cuyo objetivo no es otro que permitir una comparación del coste económico entre las distintas alternativas. No se pretende que los cálculos realizados en

este apartado sirvan de base para el presupuesto final de la alternativa finalmente elegida. Los principales capítulos a los que se prestará interés son:

- Movimiento de tierras.
- Drenaje.
- Estructuras.
- Superestructuras.

a) Aspectos del trazado

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud	10.030m	9.275m	11.592m
V. proyecto	240 km/h	240 km/h	240 km/h
Tiempo de recorrido	2,50 min	2,32 min	2,90 min
Metros con más de un 15% de pendiente	2.400m	2.480m	4.150m
KV mínimo	21.010m	21.600m	21.200m
Radio Mínimo	2.800m	3.100m	2.800m

La Alternativa 1 es la peor alternativa en cuanto a trazado se refiere ya que presenta un menor KV que las otras tres alternativas y es la que más infraestructuras necesita para su realización.

La Alternativa 2 es la alternativa más corta y la que presenta un menor radio mínimo de sus curvas, por el contrario tiene más de dos kilómetros de viaductos repartidos en tres tramos.

La Alternativa 3 a pesar de ser la más larga de todas es la que menos metros de infraestructura en tipo puente o túnel necesita llevar a cabo, este hecho es muy importante a la hora de la elección de nuestra alternativa.

b) Aspectos Medioambientales

En este criterio lo más importante es la afección al medio ambiente que se produce debido al movimiento de tierras. La Alternativa 1 presenta un mayor desmonte que terraplén, mientras que en las otras dos alternativas el número de metros cúbicos es mayor en terraplén que en desmonte.

Dentro de estas tres opciones, la alternativa 3 es la que presenta una mejor compensación:

Por último queda totalmente prohibida la construcción en espacio protegido, por lo que de este modo, el trazado de las alternativas no afecta a patrimonio histórico.

Alternativa 1

Excavación Total	1.118.545m ³
Aporte Total	717.571m ³
Diagrama de Masas	400.973m ³

Alternativa 2

Excavación Total	1.140.005m ³
Aporte Total	1.343.636m ³
Diagrama de Masas	203.361m ³

Alternativa 3

Excavación Total	1.420.621m ³
Aporte Total	1.472.698m ³
Diagrama de Masas	52.077m ³

c) Aspectos Sociales

En este apartado se tendrán en cuenta las afecciones que produce cada alternativa al ser humano, evaluando el número de construcciones y viviendas afectadas:

Alternativa 1

Viviendas afectadas	2
Naves industriales	1
Total edificaciones afectadas	3

Alternativa 2

Viviendas afectadas	9
Naves industriales	1
Total edificaciones afectadas	10

Alternativa 3

Viviendas afectadas	6
Naves industriales	0
Total edificaciones afectadas	6

El efecto barrera se contabiliza con el número total de pasos inferiores y superiores que poseen nuestras alternativas, ya que con estos sabemos cómo se ve alterado el transporte transversal al eje de nuestro ferrocarril. En este sentido la Alternativa 1 es la que menor afección tiene al contar con un total de diez pasos superiores e inferiores, mientras que la peor alternativa en este sentido es la Alternativa dos con un total de quince pasos.

En cuanto a la contaminación acústica, ésta depende en gran medida de la proximidad a edificaciones. Una forma de cuantificación puede basarse en un estudio simplificado basado en el número de edificaciones afectadas visual y acústicamente por el trazado al encontrarse a una distancia menor o igual a cien metros de la traza. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Distancia <100 m	9	14	10

Como se observa la Alternativa 1 es la que menos afección social tiene en cuanto a expropiaciones de viviendas, mientras que la Alternativa 2 es la peor de todas en este sentido. Hay que destacar que la única alternativa que no tiene afecciones a edificaciones industriales es la Alternativa 3.

La superficie de suelo afectada por el trazado de cada una de las alternativas y clasificada según el tipo de suelo en las categorías de suelo urbano y suelo no urbanizable, tal y como ordena el Plan General de Ordenación Municipal de los municipios de Lugo y Otero del Rey, pertenecientes a la zona de actuación, puede extraerse de la siguiente tabla resumen:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Suelo Urbano	13.100m ²	16.800 m ²	17.100m ²
Suelo No Urbanizable	170.500m ²	179.500m ²	210.300m ²

d) Aspectos Económicos

Se valora el coste de cada una de las alternativas de una forma homogénea, dividiendo en varios capítulos el presupuesto de cada obra. Estos capítulos estarán referidos al movimiento de tierras, drenaje, estructuras, superestructura, instalaciones y obras complementarias.

Destacar que no se pretende que los cálculos realizados en este apartado sirvan de base para el presupuesto final de la alternativa finalmente elegida. En el Apéndice nº 04 se muestra el desglose de presupuestos de cada alternativa. Un resumen de los presupuestos de cada una de ellas es el siguiente:

Alternativa 1

Movimiento de Tierras	6.241.082,60 €
Drenaje	2.507.500,00 €
Estructuras	39.636.525,00 €
Superestructuras	13.670.500,00€
Instalaciones	10.280.750,00 €
Varios	2.897.995,00 €
Total	75.371.120,96 €

Alternativa 2

Movimiento de Tierras	6.901.604,52 €
Drenaje	2.318.750,00 €
Estructuras	20.251.107,00 €
Superestructuras	12.51.250,00 €
Instalaciones	9.506.875,00 €
Varios	2.667.488,00 €
Total	53.129.285,99 €

Alternativa 3

Movimiento de Tierras	8.351.505,40 €
Drenaje	2.898.000,00 €
Estructuras	15.056.179,00 €
Superestructuras	15.779.200,00 €
Instalaciones	11.881.800,00 €
Varios	3.344.268,00 €
Total	56.400.474,64 €

6. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Para la selección de la alternativa a proyectar nos basaremos en métodos multicriterio como el “Método de las medias ponderadas” con el fin de asignar a cada una de ellas distintas puntuaciones para los aspectos anteriormente estudiados. Se valorará entre 1 y 0, siendo 1 la puntuación más alta y 0 la más baja, y entendiendo este factor a modo comparativo.

Los pesos obligados a cada criterio serán los siguientes:

- Aspectos del trazado 20%
- Aspectos medioambientales 30%
- Aspectos sociales 20%
- Aspectos económicos 30%

Finalmente, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, escogeremos aquella alternativa que obtenga una mejor puntuación conjunta.

a) Aspectos del trazado

- Longitud del trazado: Se asignará un uno a una longitud igual o inferior a 9.000 metros y un cero a una longitud igual o superior a 12.000 metros.
- Velocidad de proyecto: Se asignará un uno a velocidades de proyecto superiores a 300 km/h y un cero a velocidades inferiores a 200 km/h.



- Radio mínimo: Se asignará un uno a longitudes de radios mínimas de 3.500 metros y un cero a longitudes inferiores de 2.500 metros.
- Metros con una pendiente superior a 15‰: Se asignará un uno a una longitud inferior a dos mil metros y un cero a longitudes superiores a cinco mil metros.
- Acuerdo vertical (KV): Se asignará un uno a valores de acuerdos verticales superiores a 25.000 metros y un cero a valores iguales o inferiores a 20.000 metros

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud del trazado	0,66	0,91	0,14
Velocidad de Proyecto	0,6	0,6	0,6
Radio Mínimo	0,3	0,6	0,3
Pendiente superior a 15‰	0,91	0,88	0,28
Mínimo KV	0,2	0,28	0,24
TOTAL	0,53	0,65	0,48

b) Aspectos Medioambientales

- Desmante: Se asignará un uno a un volumen de desmante igual o inferior a 1.000.000 de metros cúbicos y un cero a un volumen superior a 2.000.000 de metros cúbicos.
- Terraplén: Se asignará un uno a un volumen de terraplén igual o inferior a 1.000.000 de metros cúbicos y un cero a un volumen superior a 2.000.000 de metros cúbicos.
- Diagrama de masas: Se asignará un uno a un balance de tierras inferior a 100.000 metros cúbicos y un cero a un volumen superior a 500.000 de metros cúbicos.
- Contaminación acústica: Se asignará un uno si dentro a una distancia igual o inferior a cien metros, existen 5 edificaciones, y un cero si existen más de 15.
- Efecto barrera: Se asignará un uno si existen menos de 5 pasos tanto inferiores como superiores y se asignará un cero si existen más de 15 pasos.
-
- Afección cauces fluviales: Se asignará un uno si el trazado no afecta a ningún cauce o si se minimiza esta afección mediante la construcción de un viaducto, mientras que se asignará un cero si afecta al menos a dos o más cauces sin el viaducto apropiado

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Desmante	0,88	0,86	0,58
Terraplén	1	0,65	0,53
Diagrama de masas	0,24	0,71	1
Contaminación Acústica	0,6	0,1	0,5
Efecto Barrera	0,5	0	0,4
Afección a cauces	0,5	1	1
TOTAL	0,62	0,56	0,66

c) Aspectos Sociales

- Edificaciones afectadas: Se asignará un uno si el trazado no afecta a viviendas y un cero si afecta a más de diez.
- Afección suelo urbano: Se asignará un uno si la zona afectada es menor a 10.000 metros cuadrados y un cero si es superior a 50.000 metros cuadrados.
- Ocupación Total de Suelo: Se asignará un uno si la zona afectada es menor a 150.000 metros cuadrados y un cero si es superior a 250.000 metros cuadrados.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Edificaciones Afectadas	0,7	0	0,4
Afec. Suelo urbano	0,91	0,82	0,79
Ocupación Total de Suelo	0,66	0,54	0,35
TOTAL	0,75	0,45	0,54

d) Aspectos Económicos

- Subtotal P.E.M: Se asignará un uno si el presupuesto de ejecución material es inferior a cincuenta millones y un cero si es superior a ochenta millones de euros.
-



	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
P.E.M	0,1	0,92	0,8
TOTAL	0,1	0,92	0,8

Una vez analizados todos los parámetros que intervienen en nuestro proyecto obtenemos la siguiente matriz decisional:

	Trazado	Medio Ambiente	Social	Económico
Alternativa 1	0,53	0,62	0,75	0,1
Alternativa 2	0,65	0,56	0,45	0,92
Alternativa 3	0,48	0,66	0,54	0,8
PESOS	0,2	0,3	0,2	0,3

Una vez obtenida la matriz decisional, es preciso homogeneizarla. Aplicaremos la siguiente fórmula, obteniendo como resultado números comprendidos entre 0 y 1.

$$h_{ij} = \frac{v_{ij} - \min_{i=1,n} v_{ij}}{\max_{i=1,n} v_{ij} - \min_{i=1,n} v_{ij}}$$

Así obtenemos la siguiente matriz homogeneizada:

	Trazado	Medio Ambiente	Social	Económico
Alternativa 1	0	1	1	0
Alternativa 2	1	0	0	1
Alternativa 3	0,73	0,8	0,58	0,72

A continuación se multiplican los valores homogeneizados por los pesos correspondientes a cada criterio:

	Trazado	Medio Ambiente	Social	Económico
Alternativa 1	0,11	0,12	0,2	0
Alternativa 2	0,2	0	0	0,3
Alternativa 3	0	0,3	0,11	0,21

Valoración final de cada alternativa

	TOTAL
Alternativa 1	0,43
Alternativa 2	0,50
Alternativa 3	0,62

La alternativa idónea de diseño tras el proceso de evaluación según los diferentes aspectos desarrollados anteriormente es finalmente la ALTERNATIVA 3.

7. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

La alternativa 3 es la solución técnica diseñada con Alta Velocidad de proyecto de 240 km/h, consistente en una variante situada en todo su recorrido al norte de la actual línea de ferrocarril.

Dicha solución nace en las afueras de la ciudad de Lugo, discurriendo en doble vía y ancho internacional en dirección noroeste hasta un punto situado a una distancia aproximada de dos kilómetros del pueblo de Outeiro Rei, justo antes de atravesar el Río Miño, a una distancia de un kilómetro y medio de la línea de ferrocarril actual existente.

Las estructuras singulares del nuevo trazado son las siguientes:



Pasos Superiores	
Paso Superior 1	204,73m ²
Pasos Inferiores	
Paso Inferior 1	286,21 m ²
Paso Inferior 2	196,97m ²
Paso Inferior 3	198,10m ²
Paso Inferior 4	353,28m ²
Paso Inferior 5	165,70m ²
Paso Inferior 6	359,75m ²
Paso Inferior 7	171,04m ²
Paso Inferior 8	154,31m ²
Paso Inferior 9	206,21m ²

El resumen de la alternativa en cuanto a sus estructuras es el siguiente:

ALTERNATIVA 3. RESUMEN	
Longitud Total	
11.592m	
Estructuras	
Viaducto 1	1.000 m
Total Estructuras	1.000m
Pasos Superiores	
3	
Pasos Inferiores	
8	

El movimiento de tierras que genera esta alternativa se muestra a continuación:

Excavación Total	1.420.621m ³
Aporte Total	1.472.698m ³
Diagrama de Masas	52.077m ³

El coste de la alternativa es el siguiente:

Alternativa 3

Movimiento de Tierras	8.351.505,40 €
Drenaje	2.898.000,00 €
Estructuras	9.508.819,00 €
Superestructuras	15.779.200,00 €
Instalaciones	11.881.800,00 €
Varios	3.344.268,00 €
Total	55.128.225,64 €

8. CONCLUSIÓN FINAL

El presente estudio de alternativas ha sido redactado y desarrollado según la normativa en vigor, resultando elegida la ALTERNATIVA 3.

Se recogen tanto los listados de trazado en planta y alzado de las distintas alternativas como los planos de definición en forma de Apéndices en este mismo Anejo.

ALTERNATIVA 1

N°	A	P	K	Longitud	P.K. inicial	P.K. final	X total	Y total	Tangente corta	Tangente larga	Radio
1				416.396m	0+00.00m	4+16.40m					
2.1	748.331m	0.595m	99.996m	200.000m	4+16.40m	6+16.40m	199.974m	2.381m	66.675m	133.342m	
2.2				708.247m	6+16.40m	13+24.64m					2800.000m
2.3	748.331m	0.595m	99.996m	200.000m	13+24.64m	15+24.64m	199.974m	2.381m	66.675m	133.342m	
3				94.252m	15+24.64m	16+18.90m					
4.1	314.401m	0.014m	15.943m	31.886m	16+18.90m	16+50.78m	31.886m	0.055m	10.629m	21.258m	
4.2				1835.960m	16+50.78m	34+86.74m					3100.000m
4.3	314.401m	0.014m	15.943m	31.886m	34+86.74m	35+18.63m	31.886m	0.055m	10.629m	21.258m	
5				659.419m	35+18.63m	41+78.05m					
6.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	41+78.05m	43+78.05m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
6.2				1460.233m	43+78.05m	58+38.28m					3100.000m
6.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	58+38.28m	60+38.28m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
7				846.685m	60+38.28m	68+84.97m					
8.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	68+84.97m	70+84.97m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
8.2				461.260m	70+84.97m	75+46.23m					3100.000m
8.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	75+46.23m	77+46.23m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
9				2257.142m	77+46.23m	100+03.37m					

ALTERNATIVA 2

N°	A	P	K	Longitud	P.K. inicial	P.K. final	X total	Y total	Tangente corta	Tangente larga	Radio
1				652.267m	0+00.00m	6+52.27m					
2.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	6+52.27m	8+52.27m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
2.2				2558.304m	8+52.27m	34+10.57m					3100.000m
2.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	34+10.57m	36+10.57m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
3				1981.570m	36+10.57m	55+92.14m					
4.1	836.660m	0.476m	99.997m	200.000m	55+92.14m	57+92.14m	199.984m	1.905m	66.672m	133.339m	
4.2				2171.176m	57+92.14m	79+63.32m					3500.000m
4.3	836.660m	0.476m	99.997m	200.000m	79+63.32m	81+63.32m	199.984m	1.905m	66.672m	133.339m	
5				1112.222m	81+63.32m	92+75.54m					

ALTERNATIVA 3

N°	A	P	K	Longitud	P.K. inicial	P.K. final	X total	Y total	Tangente corta	Tangente larga	Radio
1				371.582m	0+00.00m	3+71.58m					
2.1	748.331m	0.595m	99.996m	200.000m	3+71.58m	5+71.58m	199.974m	2.381m	66.675m	133.342m	
2.2				795.778m	5+71.58m	13+67.36m					2800.000m
2.3	748.331m	0.595m	99.996m	200.000m	13+67.36m	15+67.36m	199.974m	2.381m	66.675m	133.342m	
3				1238.463m	15+67.36m	28+05.82m					
4.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	28+05.82m	30+05.82m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
4.2				1083.000m	30+05.82m	40+88.82m					3100.000m
4.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	40+88.82m	42+88.82m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
5				180.854m	42+88.82m	44+69.68m					
6.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	44+69.68m	46+69.68m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
6.2				586.267m	46+69.68m	52+55.94m					3100.000m
6.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	52+55.94m	54+55.94m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
7				461.768m	54+55.94m	59+17.71m					
8.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	59+17.71m	61+17.71m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
8.2				2693.155m	61+17.71m	88+10.87m					3100.000m
8.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	88+10.87m	90+10.87m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
9				130.051m	90+10.87m	91+40.92m					
10.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	91+40.92m	93+40.92m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
10.2				898.873m	93+40.92m	102+39.79m					3100.000m
10.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	102+39.79m	104+39.79m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
11				1152.771m	104+39.79m	115+92.56m					

ALTERNATIVA 1

Nº	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	Tipo de curva de perfil	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	469.980m		-0.63%			
2	463.990m	-0.63%	0.81%	Cóncavo	379.217m	26252.164m
3	472.816m	0.81%	1.83%	Cóncavo	230.408m	22731.950m
4	484.237m	1.83%	-1.99%	Convexo	801.485m	21011.946m
5	467.123m	-1.99%	-2.00%			
6	456.022m	-2.00%	-2.00%			
7	437.853m	-2.00%	-1.22%	Cóncavo	200.000m	25673.430m
8	421.564m	-1.22%	0.26%	Cóncavo	337.674m	22838.704m
9	426.028m	0.26%	-1.08%	Convexo	336.521m	25233.689m
10	405.000m	-1.08%				

ALTERNATIVA 2

N°	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	Tipo de curva de perfil	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	470.122m		0.33%			
2	473.597m	0.33%	-0.26%	Convexo	1126.859m	190140.701m
3	470.774m	-0.26%	-1.99%	Convexo	374.121m	21640.913m
4	452.148m	-1.99%	-1.99%			
5	439.771m	-1.99%	-1.98%			
6	423.319m	-1.98%	-0.20%	Cóncavo	228.792m	22856.717m
7	419.239m	-0.20%	-0.20%			
8	414.845m	-0.20%	-1.73%	Convexo	365.694m	23835.560m
9	407.415m	-1.73%				

ALTERNATIVA 3

Nº	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	Tipo de curva de perfil	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	470.044m		-0.61%			
2	465.631m	-0.61%	1.77%	Cóncavo	531.212m	22304.452m
3	485.920m	1.77%	1.12%	Convexo	384.518m	59480.726m
4	498.949m	1.12%	-1.97%	Convexo	656.176m	21202.400m
5	465.734m	-1.97%	-1.99%	Convexo	57.406m	253764.148m
6	433.186m	-1.99%	-0.16%	Cóncavo	208.871m	25952.992m
7	431.138m	-0.16%	-0.40%	Convexo	337.764m	146611.902m
8	424.646m	-0.40%	-0.63%	Convexo	251.526m	107937.058m
9	413.651m	-0.63%	-1.66%	Convexo	436.550m	42228.341m
10	403.492m	-1.66%				

ALTERNATIVA 1

Material	Volumen
Capa de Forma	66398,6
Firme	157771,9
Subbalasto	44432,9
Revestimiento Cuneta	1404,2
Balasto	46138
Desmonte	1.118.545
Terraplen	717.571

ALTERNATIVA 2

Material	Volumen
Capa de Forma	61400,5
Firme	145895,75
Subbalasto	41088,25
Revestimiento Cuneta	1298,5
Balasto	42665
Desmonte	1.140.005
Terraplen	1.343.636

ALTERNATIVA 3

Material	Volumen
Capa de Forma	76739,04
Firme	182342,16
Subbalasto	51352,56
Revestimiento Cuneta	1622,88
Balasto	53323,2
Desmonte	1.420.621
Terraplen	1.472.698

ALTERNATIVA 1

PRESUPUESTO: ALTERNATIVA 1		Precio Unitario (€)	Medición	Coste (€)
CAPITULO I: MOVIMIENTO DE TIERRAS				
m ²	Despeje y desbroce	0,55 €	337.954,21	185.874,82 €
m ³	Excavación en desmonte en todo tipo de terreno	3,25 €	1.118.545	3.635.271,25 €
m ³	Terraplén con productos procedentes de excavación	1,15 €	717.571	825.206,65 €
m ³	Capa de forma	10,50 €	66.398,60	697.185,30 €
m ³	Subbalasto	20,20 €	44.432,90	897.544,58 €
			TOTAL CAPITULO I	6.241.082,60 €
CAPITULO II: DRENAJE				
km	Drenaje longitudinal	130.000 €	10,03	1.303.900 €
km	Drenaje transversal	120.000 €	10,03	1.203.600 €
			TOTAL CAPITULO II	2.507.500 €
CAPITULO III: ESTRUCTURAS				
m ²	Estructura de hasta 20 metros de pila	575 €	5850	3.363.750 €
m ²	Estructura de 20 a 40 metros de pila	625 €	12360	7.725.000 €
m ²	Estructura de 40 a 60 metros de pila	725 €	910	659.750 €
ml	Estructura en túnel	15.000 €	1376	20.640.000 €
m ²	Estructura en pasos superiores	575 €	219,56	126.247 €
m ²	Estructura en pasos inferiores	700 €	2072,63	1.450.841 €
m ²	Estructura en pasos hincados	3.000 €	402,53	1.207.590 €
			TOTAL CAPITULO III	35.173.178 €
CAPITULO IV: SUPERESTRUCTURA				
ml	Vía doble mixta y traviesa sobre balasto	1.350 €	10.030	13.540.500 €
Ud	Desvío	130.000 €	1	130.000 €
			TOTAL CAPITULO IV	13.670.500 €
CAPITULO V: INSTALACIONES				
ml	Instalaciones de señalización en vía doble	750 €	10.030	7.522.500 €
ml	Instalaciones de telecomunicación en vía doble	275 €	10.030	2.758.250 €
			TOTAL CAPITULO V	10.280.750 €
CAPITULO VI: VARIOS				
km	Cerramientos	26.500 €	10,03	265.795 €
km	Servicios afectados no singulares	140.000 €	10,03	1.404.200 €
ml	Reposición de carreteras principales (sin estructura)	250 €	300	75.000 €
ml	Reposición de carreteras secundarias (sin estructura)	180 €	200	36.000 €
ml	Reposición de caminos	120 €	950	114.000 €
km	Medidas correctoras de Impacto Ambiental	100.000 €	10,03	1.003.000 €
			TOTAL CAPITULO VI	2.897.995 €
SUBTOTAL P.E.M				70.771.005,60 €
IMPREVISTOS (5% P.E.M INICIAL)				3.538.550,28 €
SEGURIDAD Y SALUD (1,5% P.E.M INICIAL)				1.061.565,08 €
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL				75.371.120,96 €

ALTERNATIVA 2

PRESUPUESTO: ALTERNATIVA 2		Precio Unitario (€)	Medición	Coste (€)
CAPITULO I: MOVIMIENTO DE TIERRAS				
m ²	Despeje y desbroce	0,55 €	321.307,21	176.718,97 €
m ³	Excavación en desmonte en todo tipo de terreno	3,25 €	1.140.005	3.705.016,25 €
m ³	Terraplén con productos procedentes de excavación	1,15 €	1.343.636	1.545.181,40 €
m ³	Capa de forma	10,50 €	61.400,50	644.705,25 €
m ³	Subbalasto	20,20 €	41.088,25	829.982,65 €
			TOTAL CAPITULO I	6.901.604,52 €
CAPITULO II: DRENAJE				
km	Drenaje longitudinal	130.000 €	9,275	1.205.750 €
km	Drenaje transversal	120.000 €	9,275	1.113.000 €
			TOTAL CAPITULO II	2.318.750 €
CAPITULO III: ESTRUCTURAS				
m ²	Estructura de hasta 20 metros de pila	575 €	5410	3.110.750 €
m ²	Estructura de 20 a 40 metros de pila	625 €	9975	6.234.375 €
m ²	Estructura de 40 a 60 metros de pila	725 €	825	598.125 €
m ²	Estructura en pasos superiores	575 €	2702,1	1.553.708 €
m ²	Estructura en pasos inferiores	700 €	4506,77	3.154.739 €
m ²	Estructura en pasos hincados	3.000 €	396,33	1.188.990 €
			TOTAL CAPITULO III	15.840.687 €
CAPITULO IV: SUPERESTRUCTURA				
ml	Vía doble mixta y traviesa sobre balasto	1.350 €	9.275	12.521.250 €
Ud	Desvío	130.000 €	1	130.000 €
			TOTAL CAPITULO IV	12.651.250 €
CAPITULO V: INSTALACIONES				
ml	Instalaciones de señalización en vía doble	750 €	9.275	6.956.250 €
ml	Instalaciones de telecomunicación en vía doble	275 €	9.275	2.550.625 €
			TOTAL CAPITULO V	9.506.875 €
CAPITULO VI: VARIOS				
km	Cerramientos	26.500 €	9,275	245.788 €
km	Servicios afectados no singulares	140.000 €	9,275	1.298.500 €
ml	Reposición de carreteras principales (sin estructura)	250 €	250	62.500 €
ml	Reposición de carreteras secundarias (sin estructura)	180 €	180	32.400 €
ml	Reposición de caminos	120 €	840	100.800 €
km	Medidas correctoras de Impacto Ambiental	100.000 €	9,275	927.500 €
			TOTAL CAPITULO VI	2.667.488 €
SUBTOTAL P.E.M				49.886.653,52 €
IMPREVISTOS (5% P.E.M INICIAL)				2.494.332,68 €
SEGURIDAD Y SALUD (1,5% P.E.M INICIAL)				748.299,80 €
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL				53.129.285,99 € +

ALTERNATIVA 3

PRESUPUESTO: ALTERNATIVA 3		Precio Unitario (€)	Medición	Coste (€)
CAPITULO I: MOVIMIENTO DE TIERRAS				
m ²	Despeje y desbroce	0,55 €	360.214,21	198.117,82 €
m ³	Excavación en desmonte en todo tipo de terreno	3,25 €	1.420.621	4.617.018,25 €
m ³	Terraplén con productos procedentes de excavación	1,15 €	1.472.698	1.693.602,70 €
m ³	Capa de forma	10,50 €	76.709,04	805.444,92 €
m ³	Subbalasto	20,20 €	51.352,56	1.037.321,71 €
			TOTAL CAPITULO I	8.351.505,40 €
CAPITULO II: DRENAJE				
km	Drenaje longitudinal	130.000 €	11,592	1.506.960 €
km	Drenaje transversal	120.000 €	11,592	1.391.040 €
			TOTAL CAPITULO II	2.898.000 €
CAPITULO III: ESTRUCTURAS				
m ²	Estructura de hasta 20 metros de pila	575 €	5120	2.944.000 €
m ²	Estructura de 20 a 40 metros de pila	625 €	7630	4.768.750 €
m ²	Estructura de 40 a 60 metros de pila	725 €	610	442.250 €
m ²	Estructura en pasos superiores	575 €	204,73	117.720 €
m ²	Estructura en pasos inferiores	700 €	1761,57	1.233.099 €
m ²	Estructura en pasos hincados	3.000 €	399,2	1.197.600 €
			TOTAL CAPITULO III	10.703.419 €
CAPITULO IV: SUPERESTRUCTURA				
ml	Vía doble mixta y traviesa sobre balasto	1.350 €	11.592	15.649.200 €
Ud	Desvío	130.000 €	1	130.000 €
			TOTAL CAPITULO IV	15.779.200 €
CAPITULO V: INSTALACIONES				
ml	Instalaciones de señalización en vía doble	750 €	11.592	8.694.000 €
ml	Instalaciones de telecomunicación en vía doble	275 €	11.592	3.187.800 €
			TOTAL CAPITULO V	11.881.800 €
CAPITULO VI: VARIOS				
km	Cerramientos	26.500 €	11,592	307.188 €
km	Servicios afectados no singulares	140.000 €	11,592	1.622.880 €
ml	Reposición de carreteras principales (sin estructura)	250 €	300	75.000 €
ml	Reposición de carreteras secundarias (sin estructura)	180 €	300	54.000 €
ml	Reposición de caminos	120 €	1050	126.000 €
km	Medidas correctoras de Impacto Ambiental	100.000 €	11,592	1.159.200 €
			TOTAL CAPITULO VI	3.344.268 €
SUBTOTAL P.E.M				52.958.192,15 €
IMPREVISTOS (5% P.E.M INICIAL)				2.647.909,61 €
SEGURIDAD Y SALUD (1,5% P.E.M INICIAL)				794.372,88 €
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL				56.400.474,64 €

INDICE APENDICE 05: PLANOS DE LAS ALTERNATIVAS

A.5.1. Plano temático

- A.5.1.1. Condicionantes del área de estudio. E: 1/60.000
- A.5.1.2. PGOM. Afecciones al suelo tramo común
- A.5.1.3. PGOM. Afecciones al suelo alternativas
- A.5.1.4. Principales núcleos de población. E: 1/60.000
- A.5.1.5. Principales vías de comunicación. E: 1/60.000

A.5.2. Planta general de las alternativas. E: 1/50.000

A.5.3. Plantas generales de cada alternativa

- A.5.3.1. Planta general Alternativa 1. E: 1/25.000
- A.5.3.2. Planta general Alternativa 2. E: 1/25.000
- A.5.3.3. Planta general Alternativa 3. E: 1/25.000

A.5.4. Plantas de detalle de cada alternativa

- A.5.4.1. Planta de detalle Alternativa 1. E: 1/5.000
- A.5.4.2. Planta de detalle Alternativa 2. E: 1/5.000
- A.5.4.3. Planta de detalle Alternativa 3. E: 1/5.000

A.5.5. Perfiles longitudinales de cada alternativa

- A.5.5.1. Perfil longitudinal Alternativa 1. E.H: 1/15.000. E.V: 1/1.000
- A.5.5.2. Perfil longitudinal Alternativa 2. E.H: 1/15.000. E.V: 1/1.000
- A.5.5.3. Perfil longitudinal Alternativa 3. E.H: 1/15.000. E.V: 1/1.000

RESERVA DE LA BIOSFERA
TERRAS DO MINO

RIO MINO

FFCC ACTUAL

ZONA DE ESTUDIO

AUTOVIA A-6

LUGO



E.T.S de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

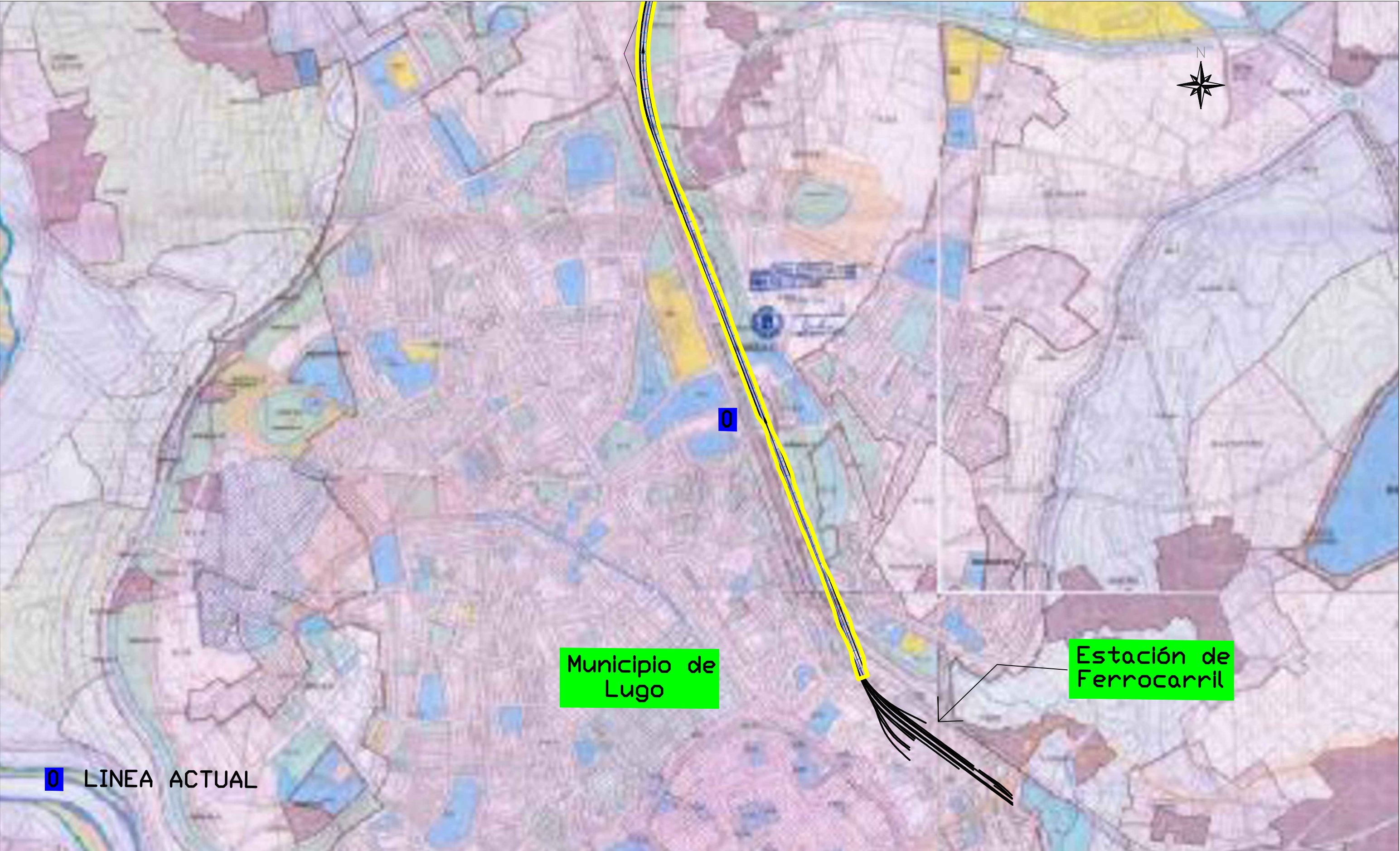
Titulo del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Titulo del Plano
Condicionantes del área de estudio.
Plano Temático

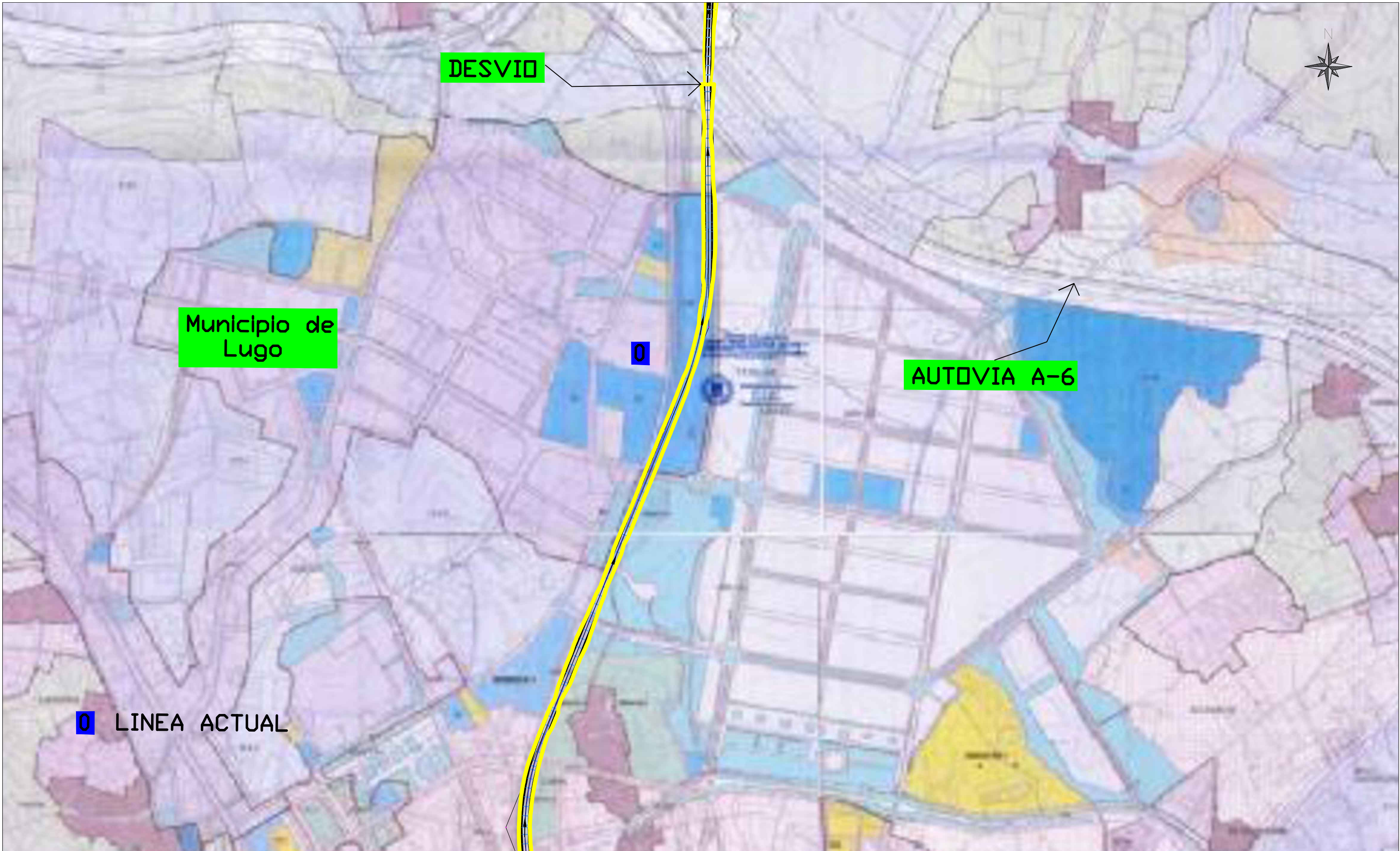
Escala
E: 1/60.000

Convocatoria:
Febrero 2018

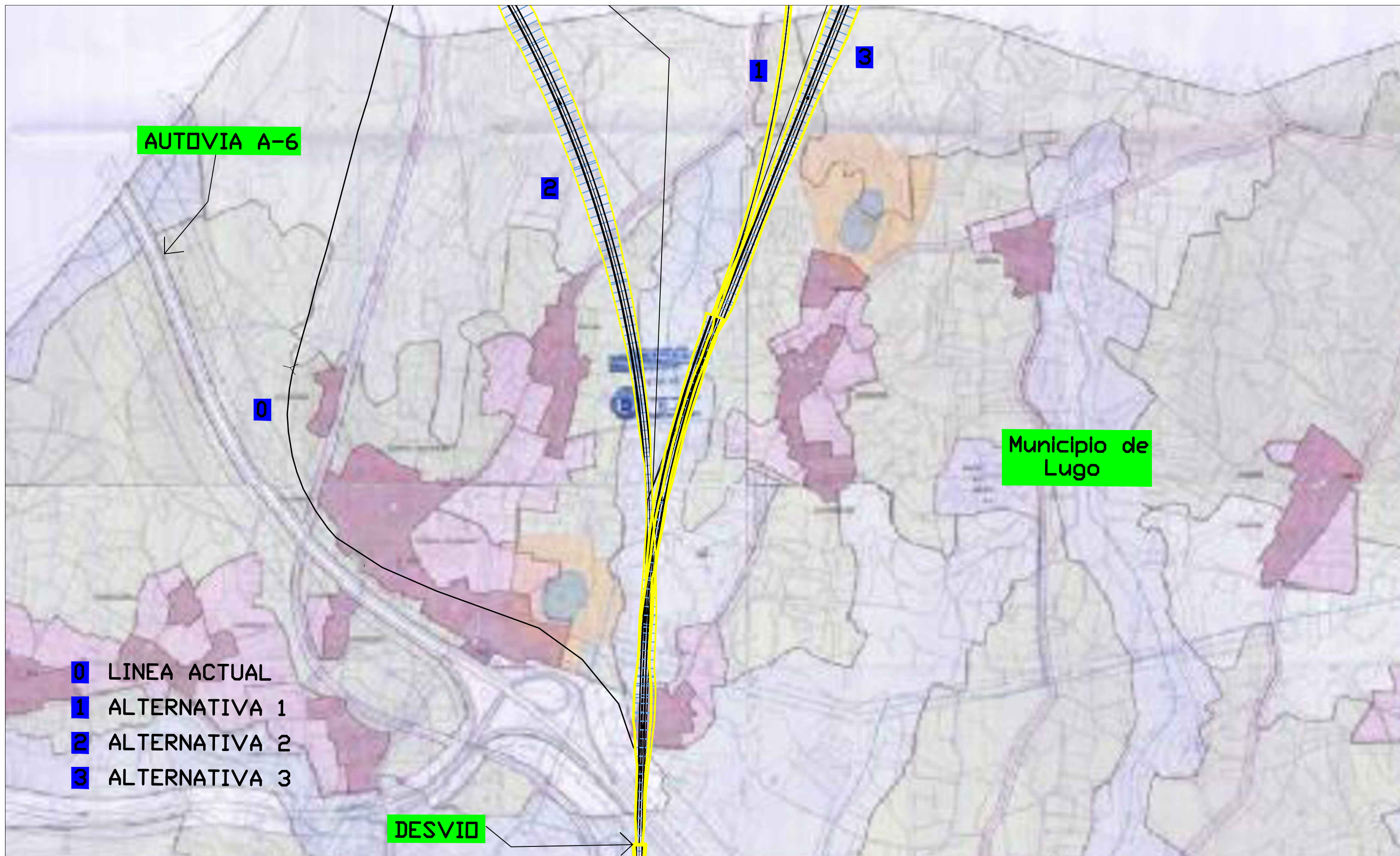
Número de Plano:
5.1.1
Hoja 1 de 1



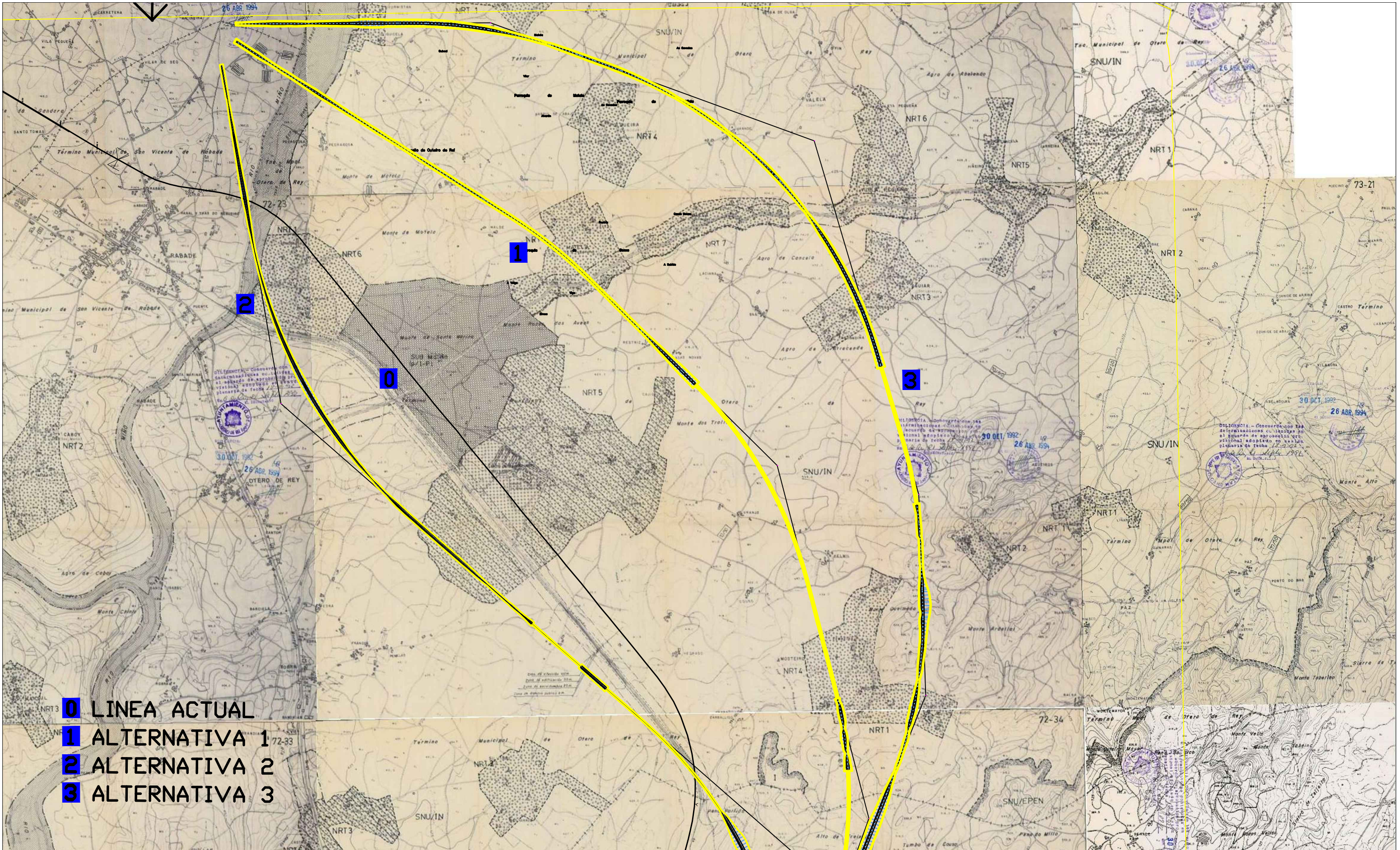
		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Linea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano PGDM. Afecciones al suelo tramo común	Escala E:1/5.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.1.2 Hoja 1 de 2
--	---	---	---	---	---	---	---------------------	-------------------------------	--



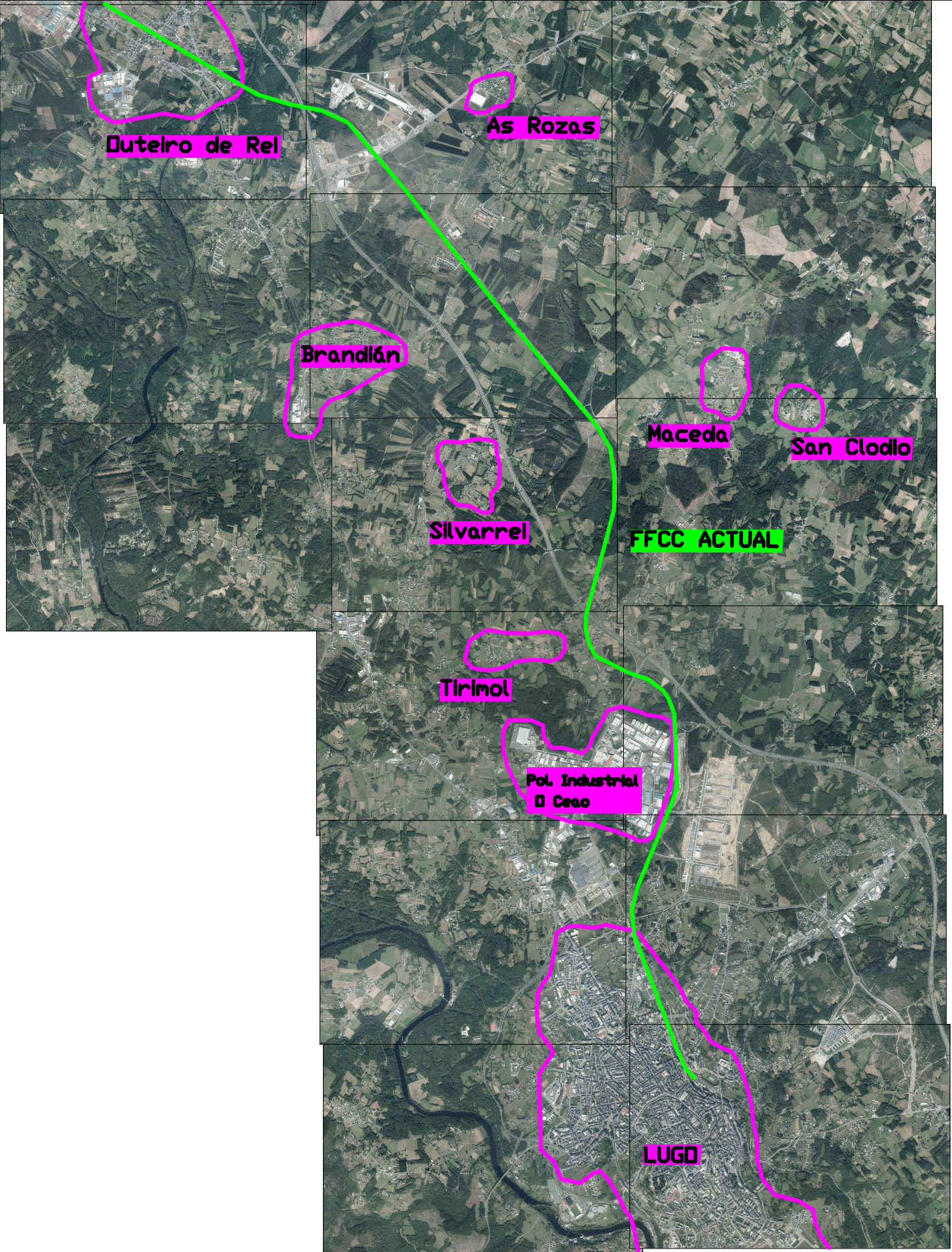
		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano PGOM. Afecciones al suelo tramo común	Escala E:1/5.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.12 Hoja 2 de 2
--	---	---	---	--	---	---	---------------------	-------------------------------	---



- 0** LINEA ACTUAL
- 1** ALTERNATIVA 1
- 2** ALTERNATIVA 2
- 3** ALTERNATIVA 3



		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Duteiro de Rei	Titulo del Plano PGOM. Afecciones al suelo alternativas	Escala E: 1/40.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 51.3 Hoja 2 de 2
--	---	---	---	---	---	--	-----------------------	-------------------------------	---



E.T.S de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

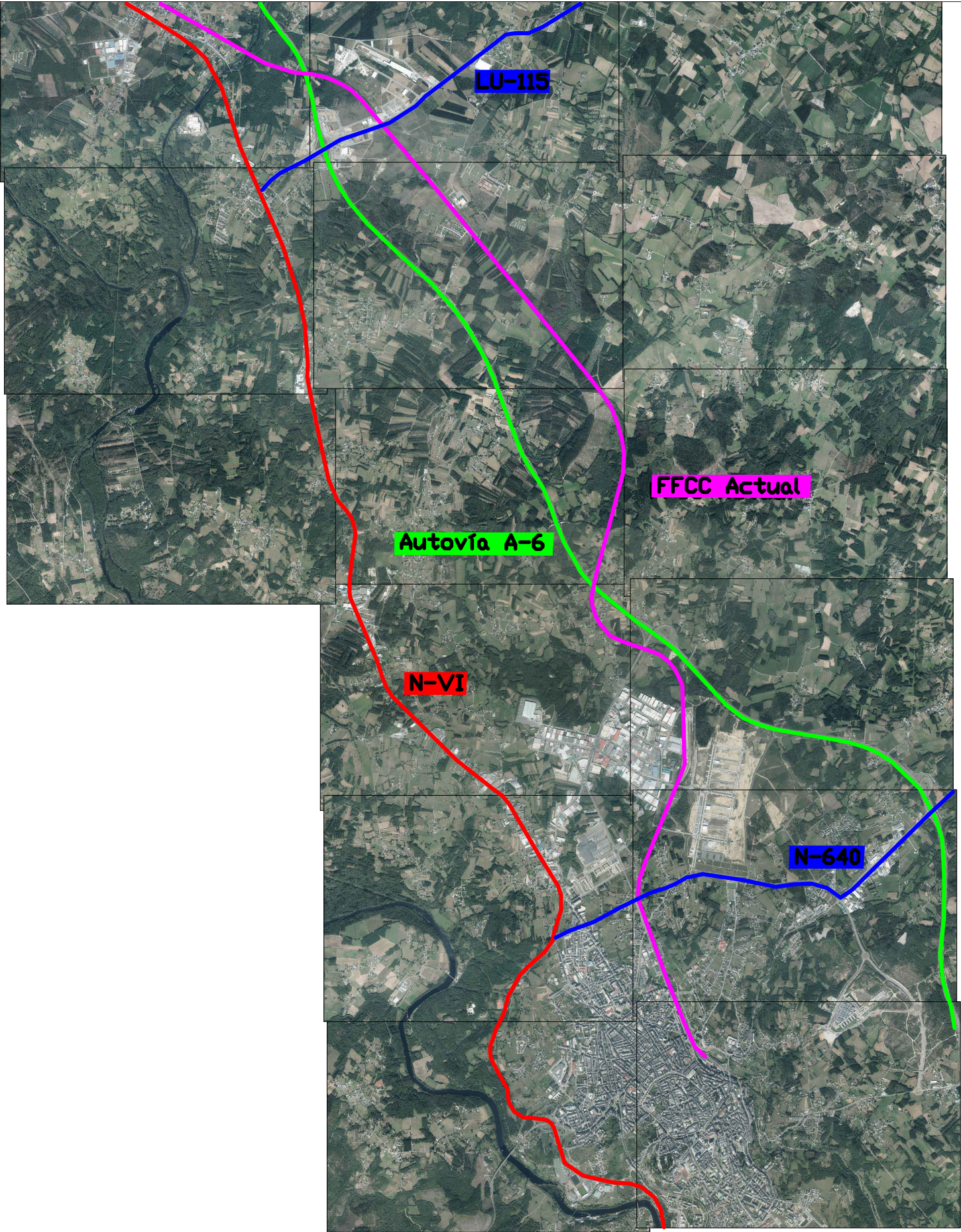
Titulo del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Douteiro de Rei

Titulo del Plano
Principales núcleos de población.
Plano temático

Escala
E: 1/60.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.1.4



E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

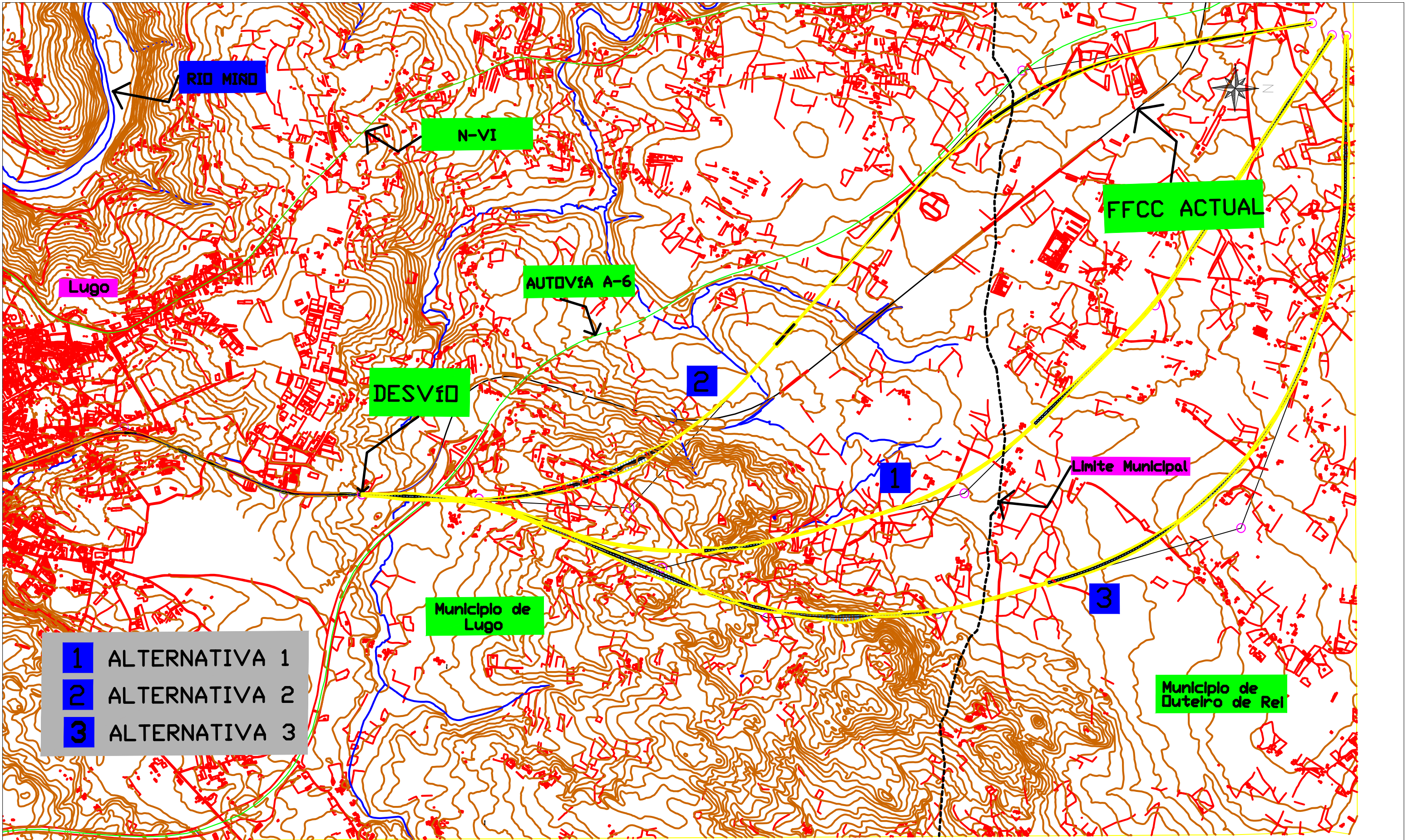
Titulo del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Titulo del Plano
Principales vías de comunicación
Plano temático

Escala
E: 1/60.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.1.5



E.T.S de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

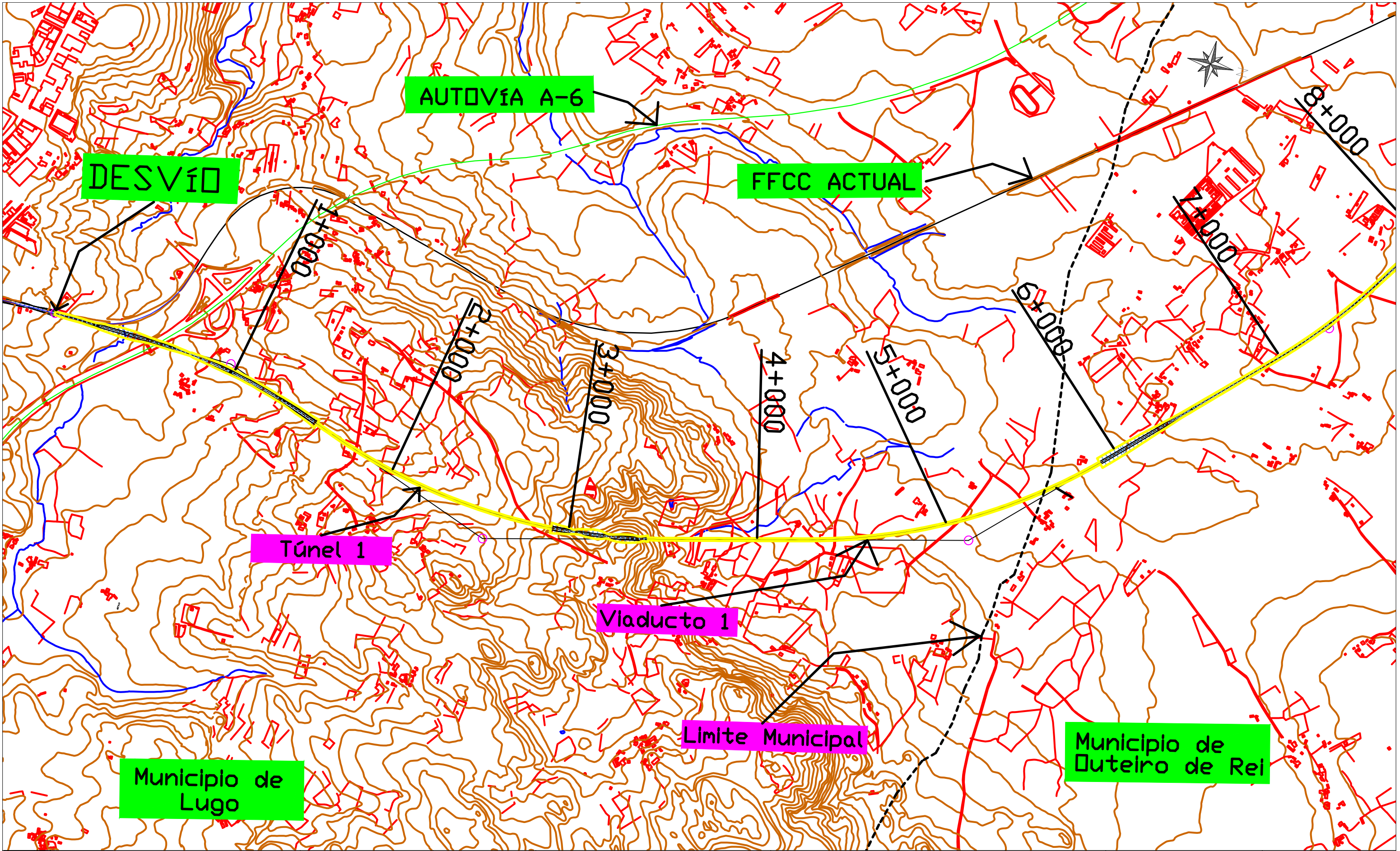
Título del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Duteiro de Rei

Título del Plano
Estudio de Alternativas.
Planta General

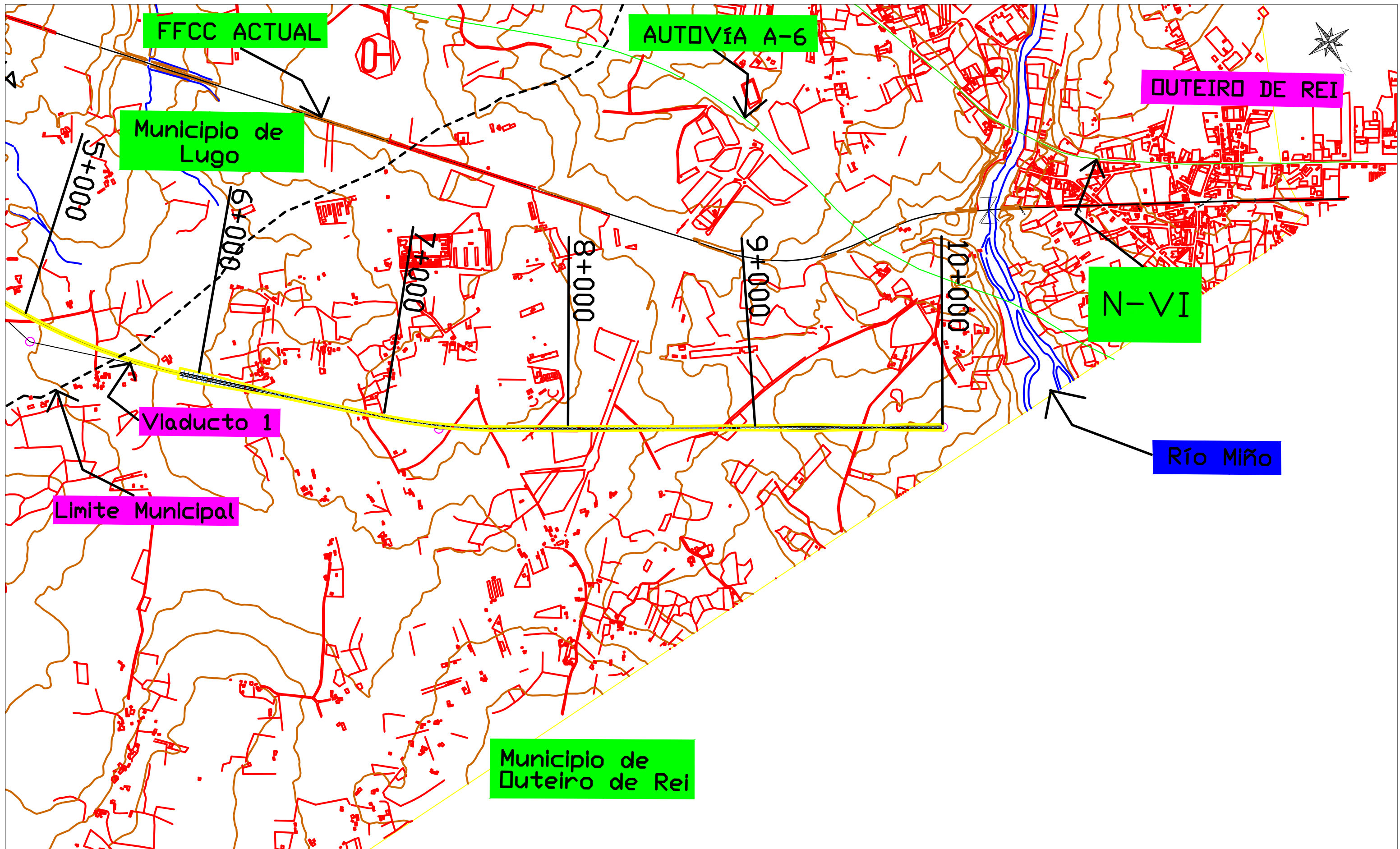
Escala
E: 1/50.000

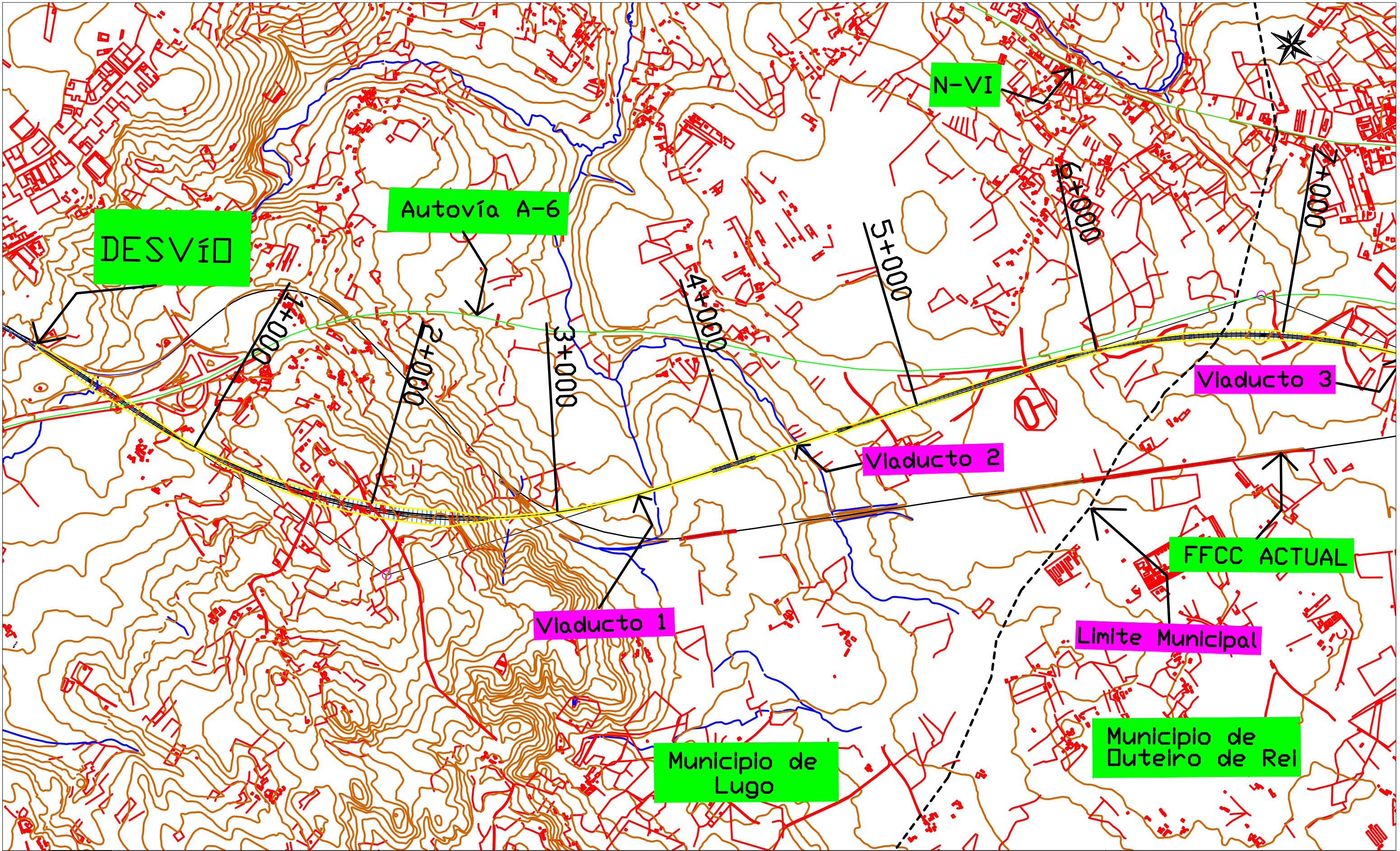
Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:

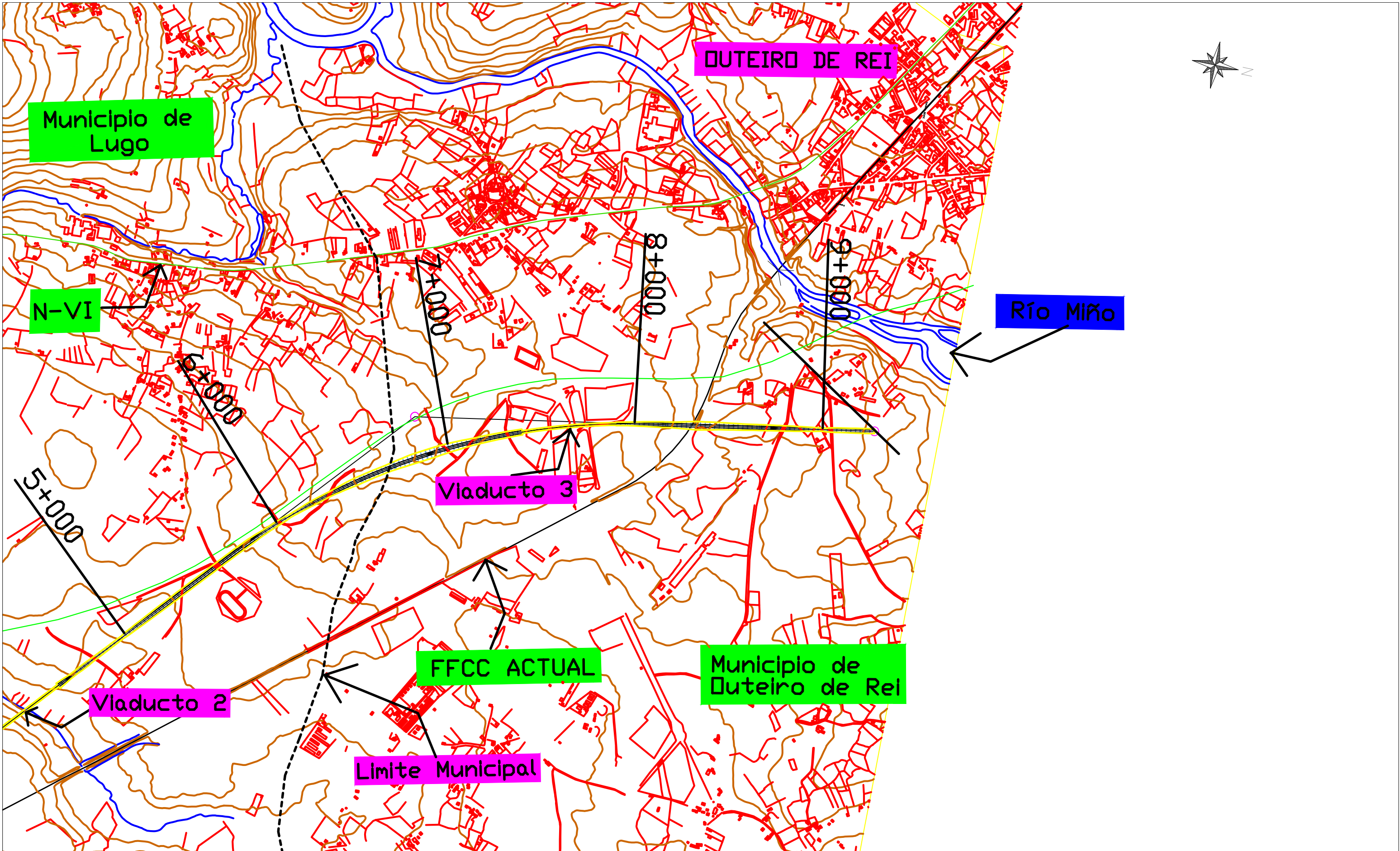


		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 1. Planta General	Escala E: 1/25.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.2.1 Hoja 1 de 2
--	---	---	---	---	---	---	-----------------------	-------------------------------	--

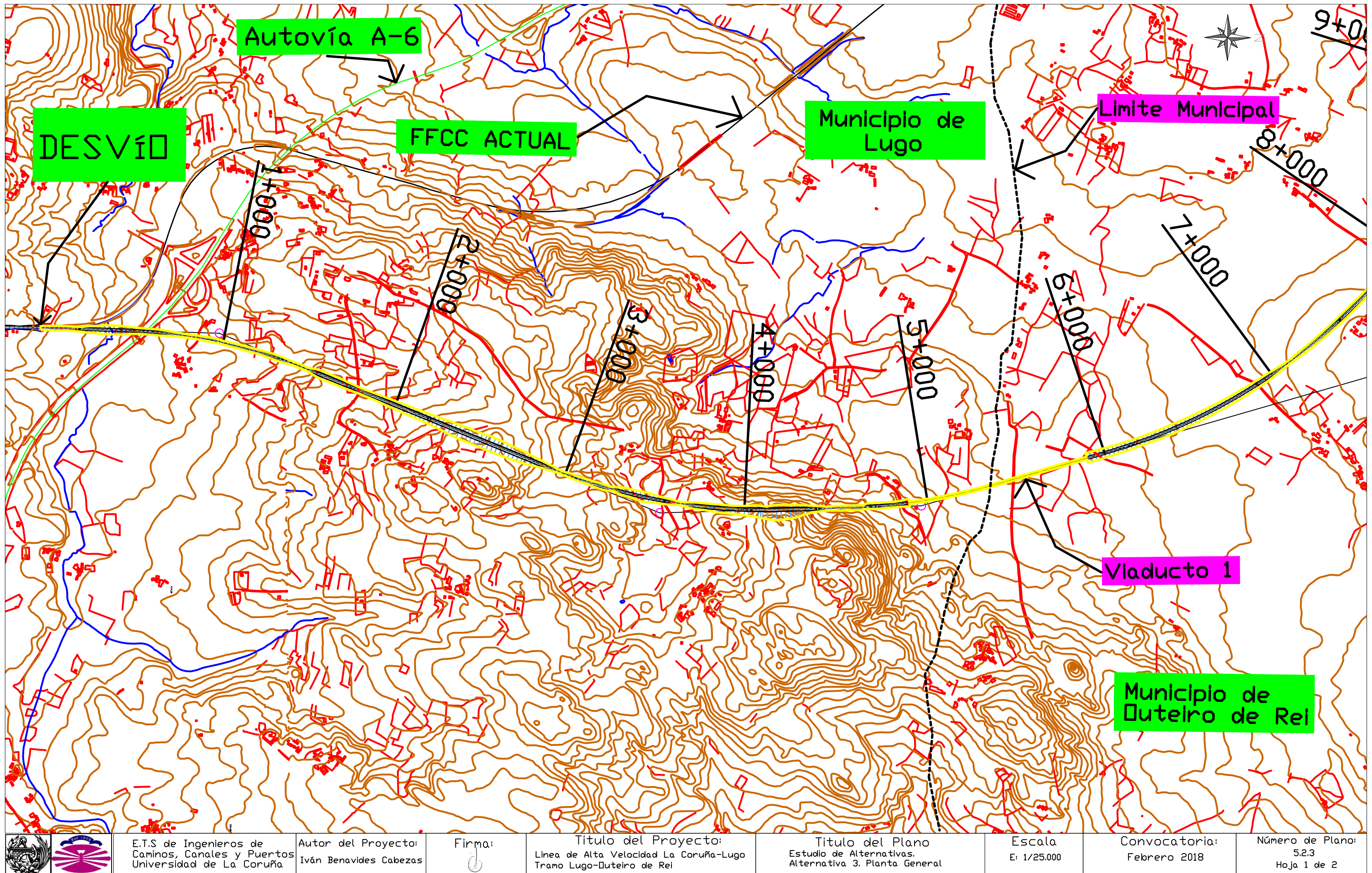




		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Linea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Duteiro de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 2, Planta General	Escala E: 1/25.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.2.2 Hoja 1 de 2
--	--	---	---	------------	---	---	-----------------------	-------------------------------	--



	E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Duteiro de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 2. Planta General	Escala E: 1/25.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.2.2 Hoja 2 de 2
--	---	---	------------	---	---	-----------------------	-------------------------------	--



E.T.S de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

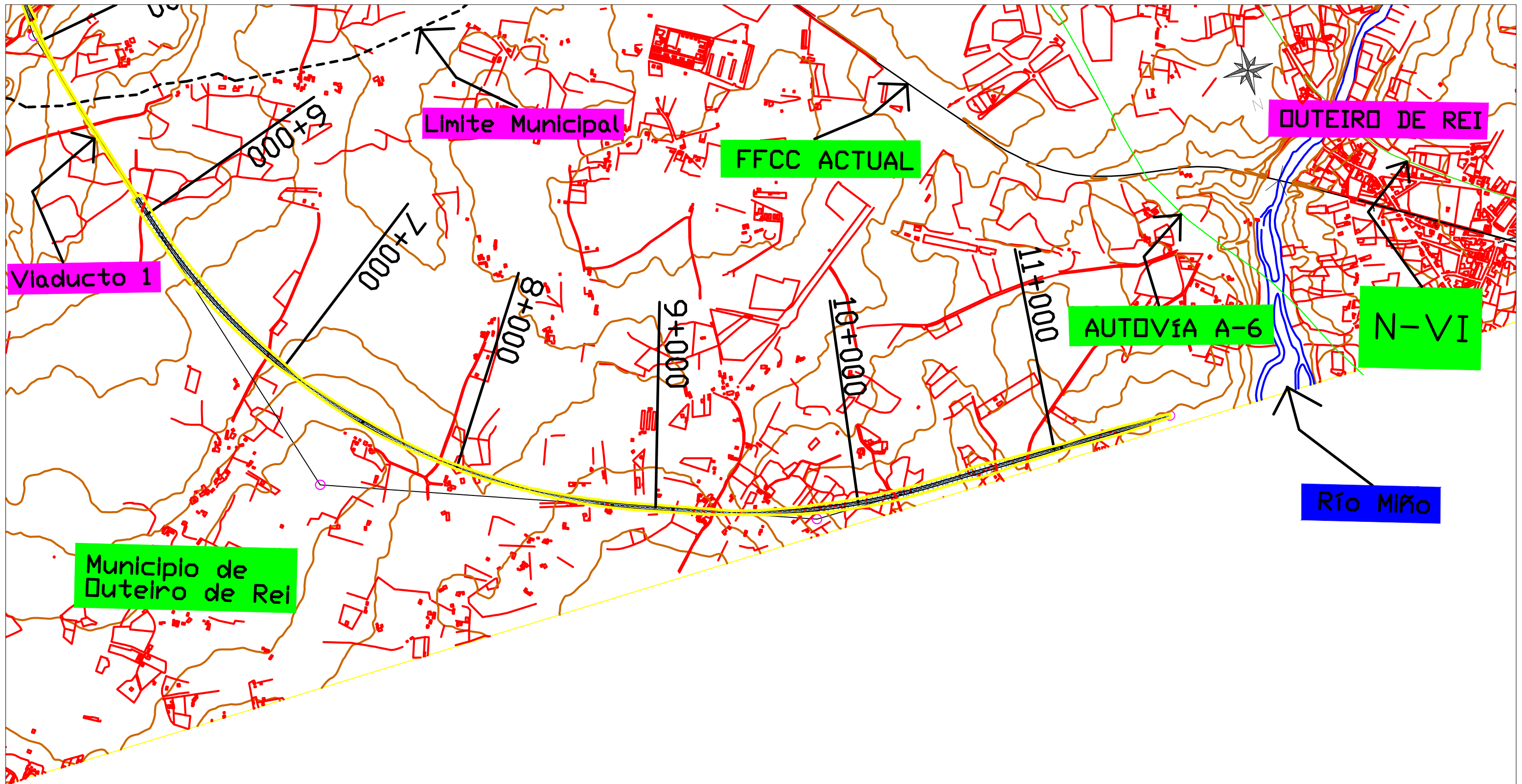
Título del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Título del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 3. Planta General

Escala
E: 1/25.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.2.3
Hoja 1 de 2



E.T.S de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

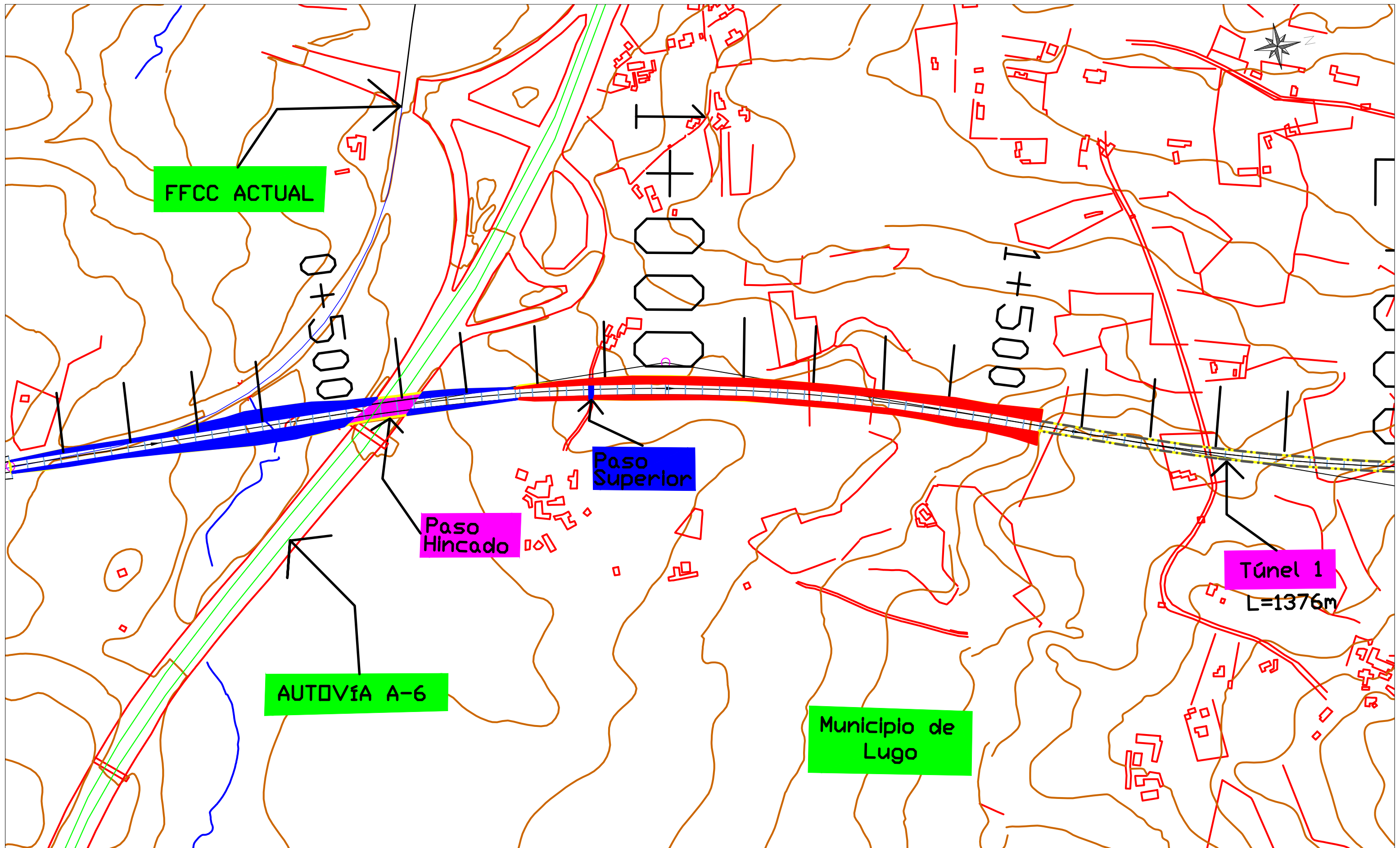
Titulo del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 3. Planta General

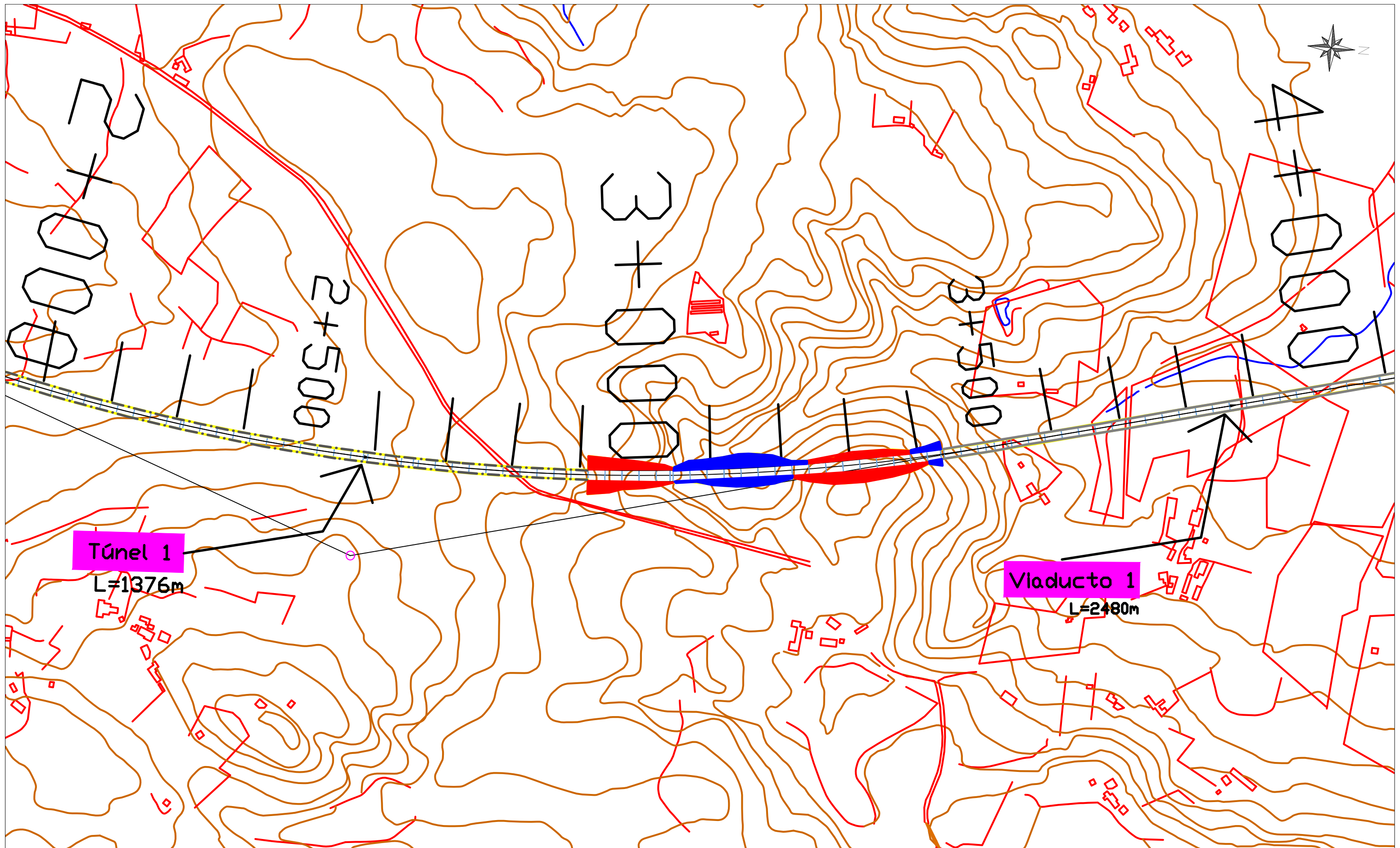
Escala
E: 1/25.000

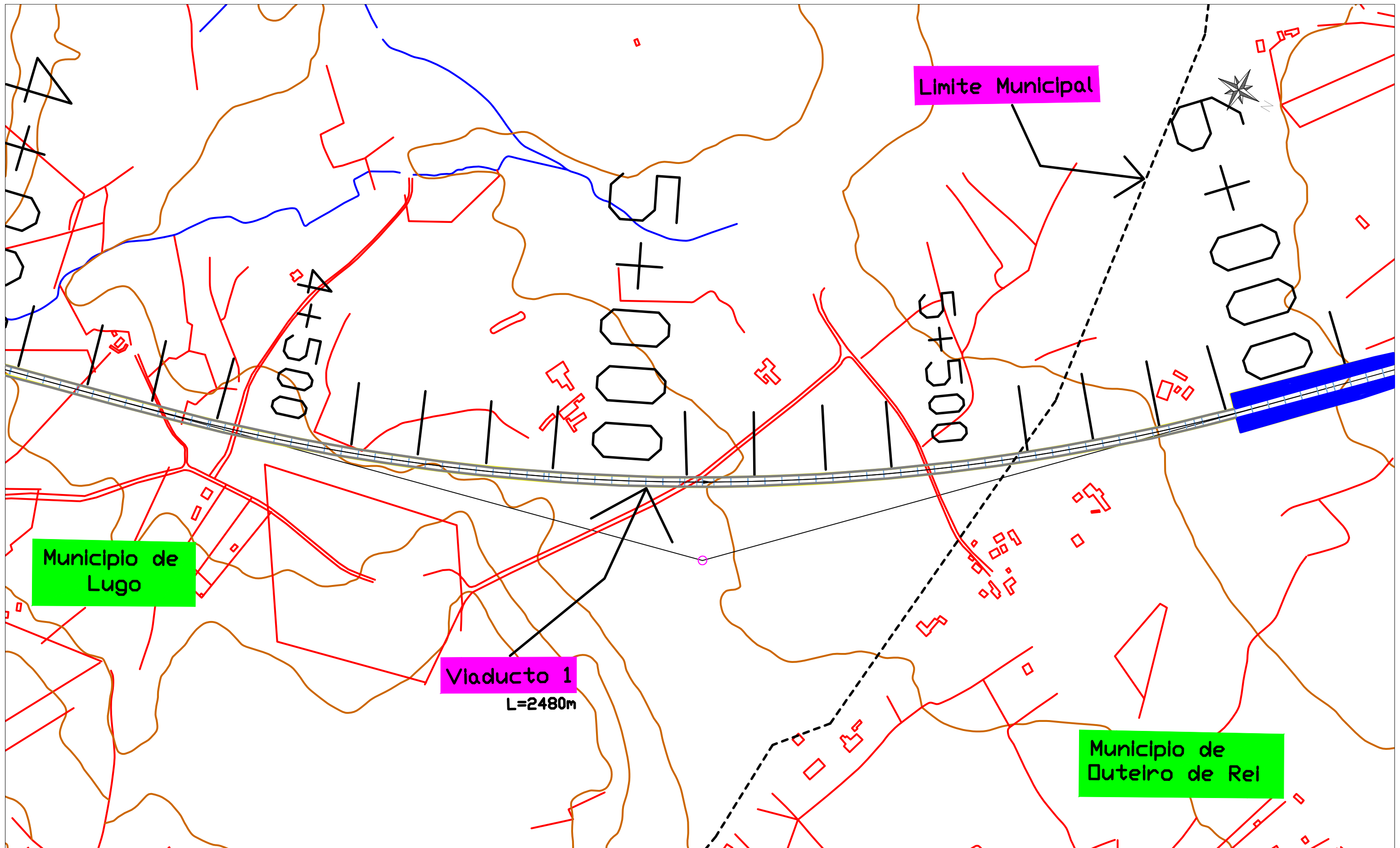
Convocatoria:
Febrero 2018

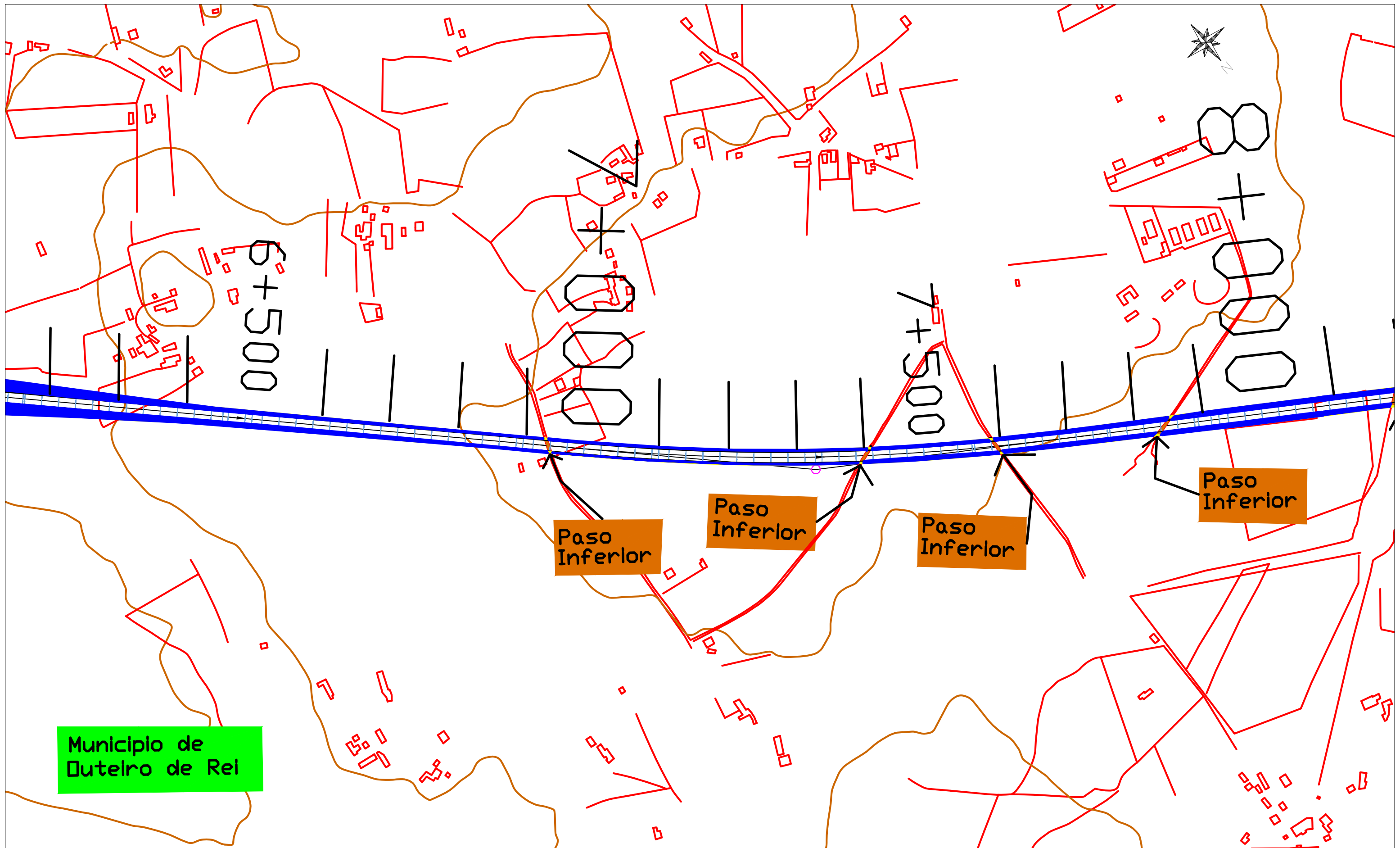
Número de Plano:
5.2.3
Hoja 2 de 2



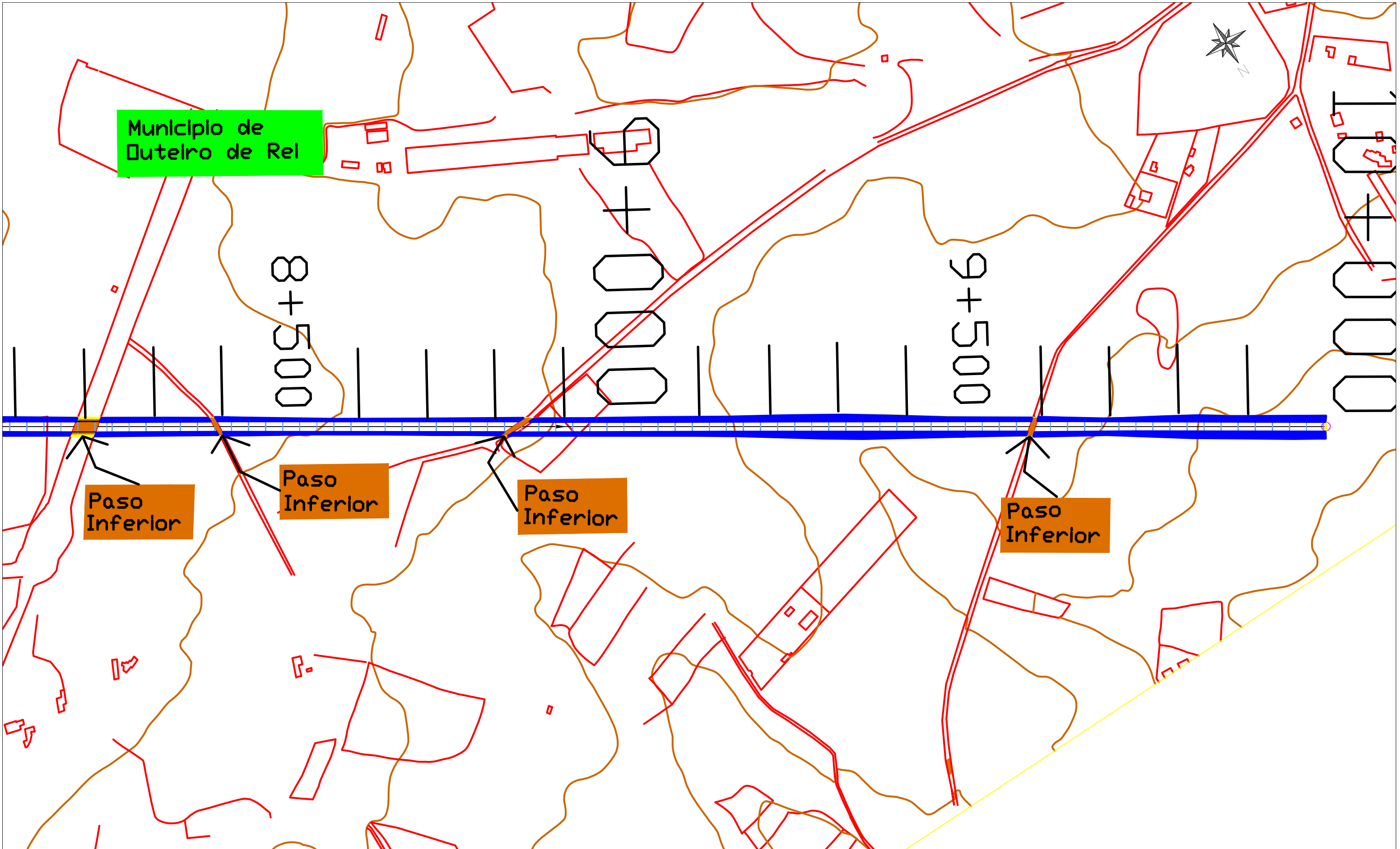
		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Moutinho de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 1. Planta de Detalle	Escala Ei 1/5.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.31 Hoja 1 de 5
--	---	---	---	---	--	--	----------------------	-------------------------------	---

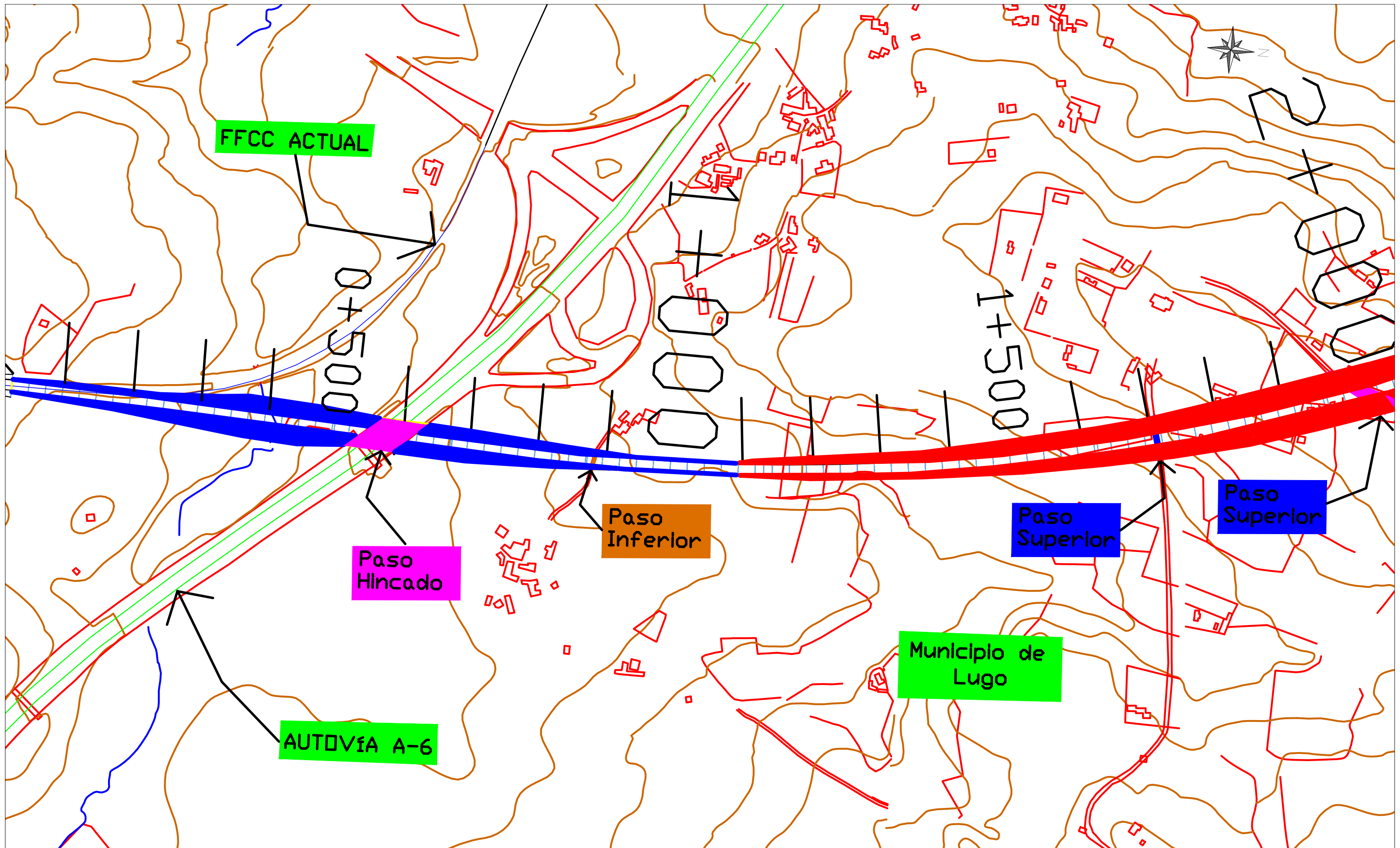


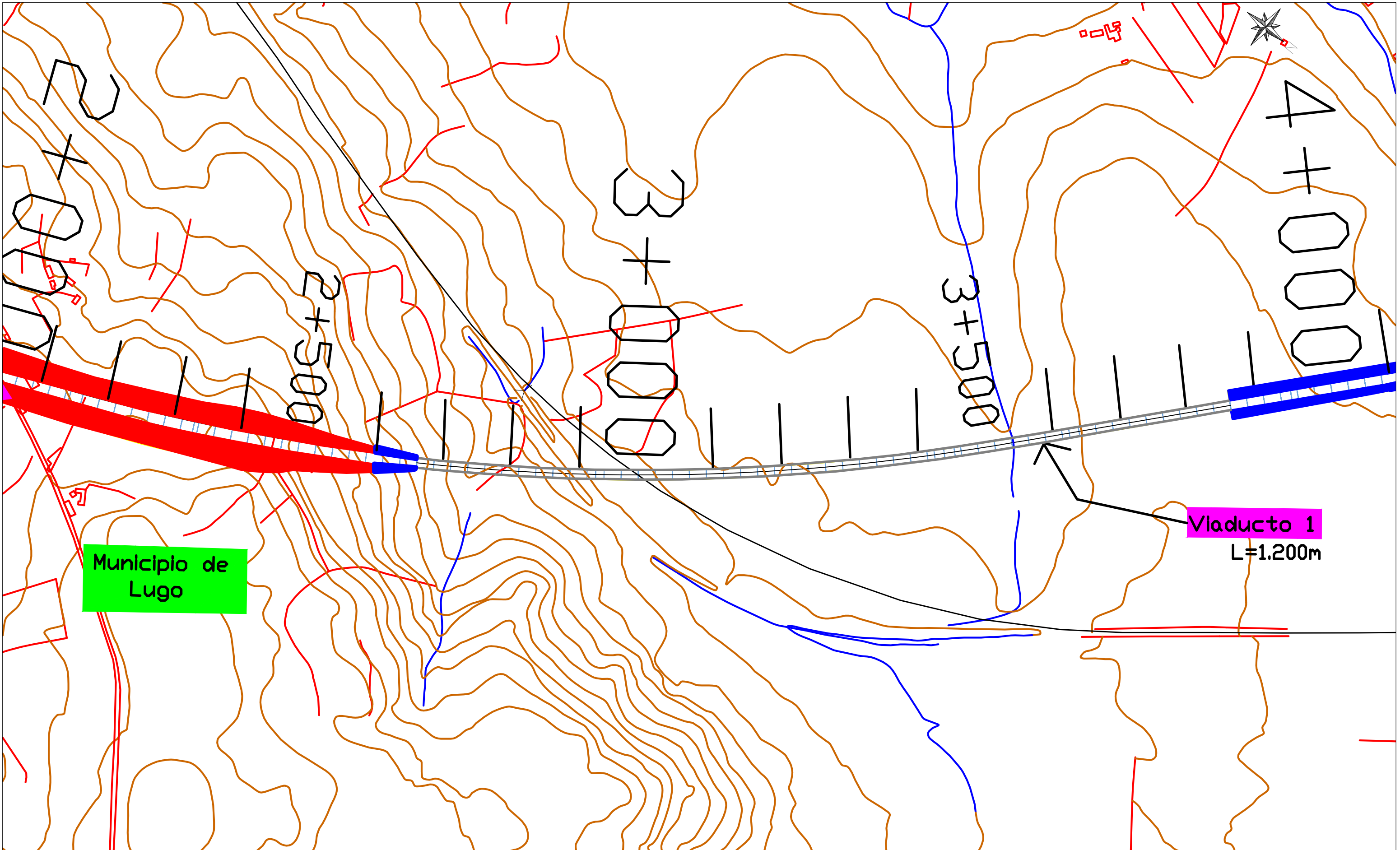




 	E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 1. Planta de Detalle	Escala E: 1/5.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.3.1 Hoja 4 de 5
--	---	---	---	---	--	----------------------	-------------------------------	--







E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

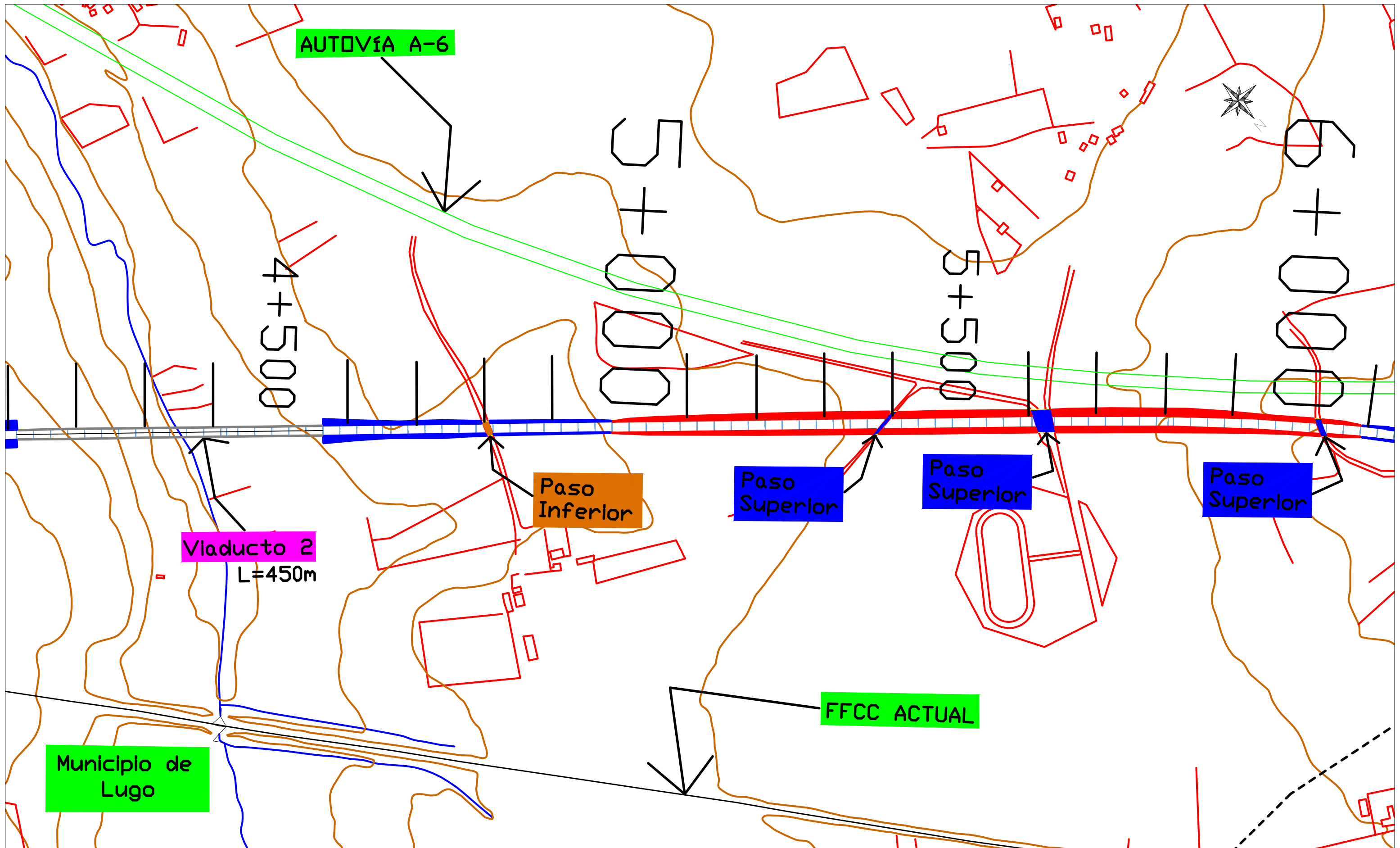
Titulo del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 2. Planta de Detalle

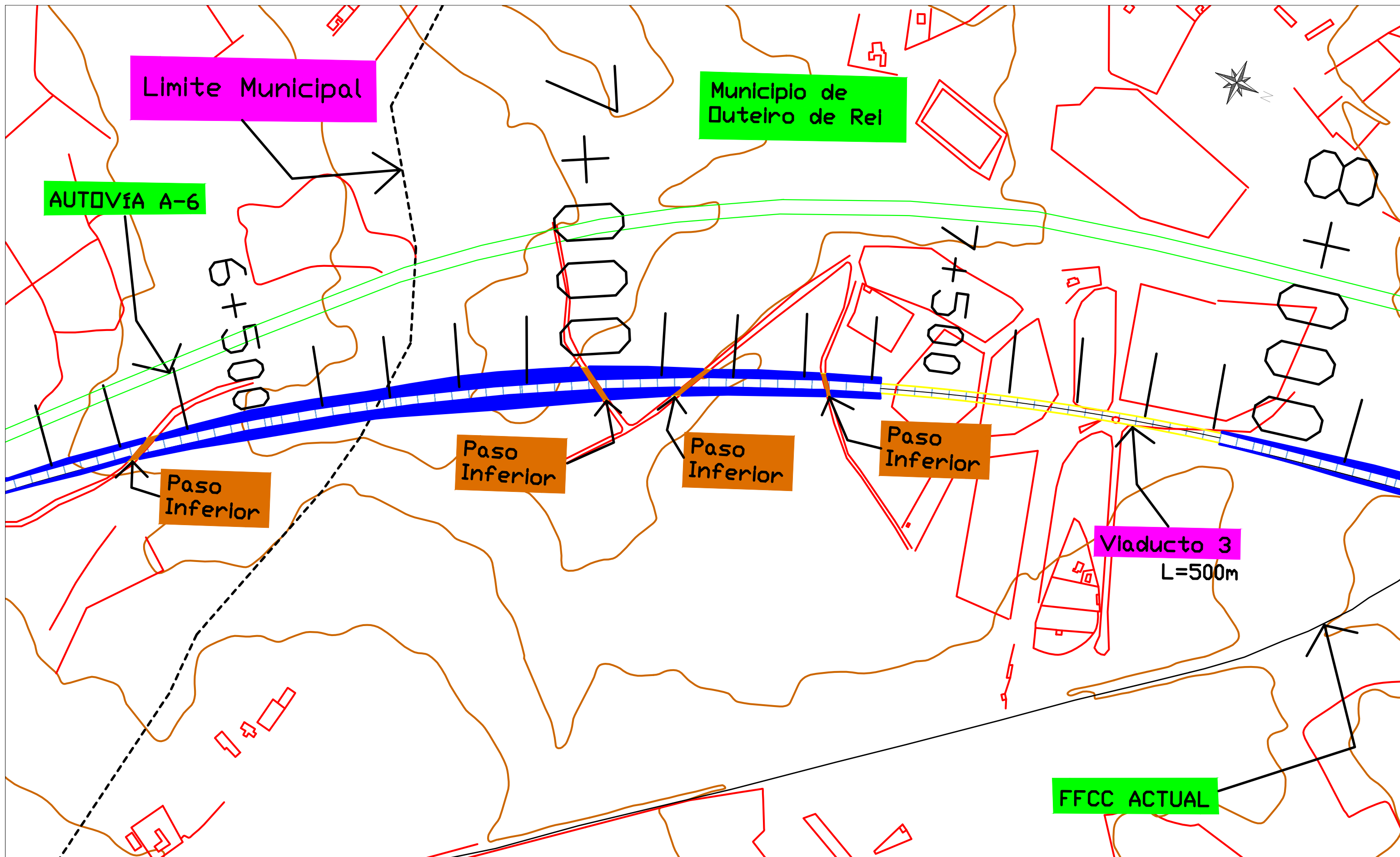
Escala
E: 1/5.000

Convocatoria:
Febrero 2018

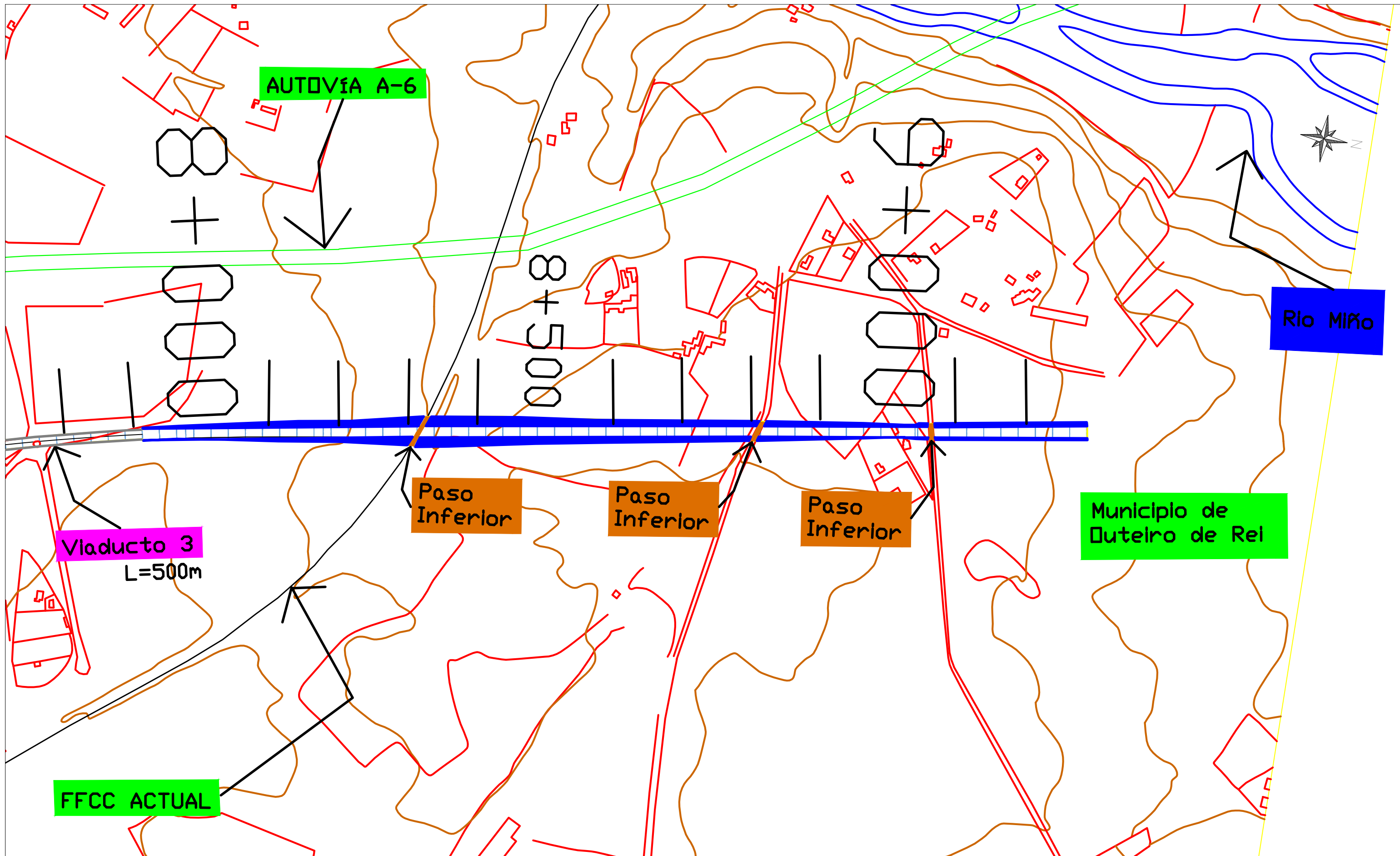
Número de Plano:
5.3.2
Hoja 2 de 5

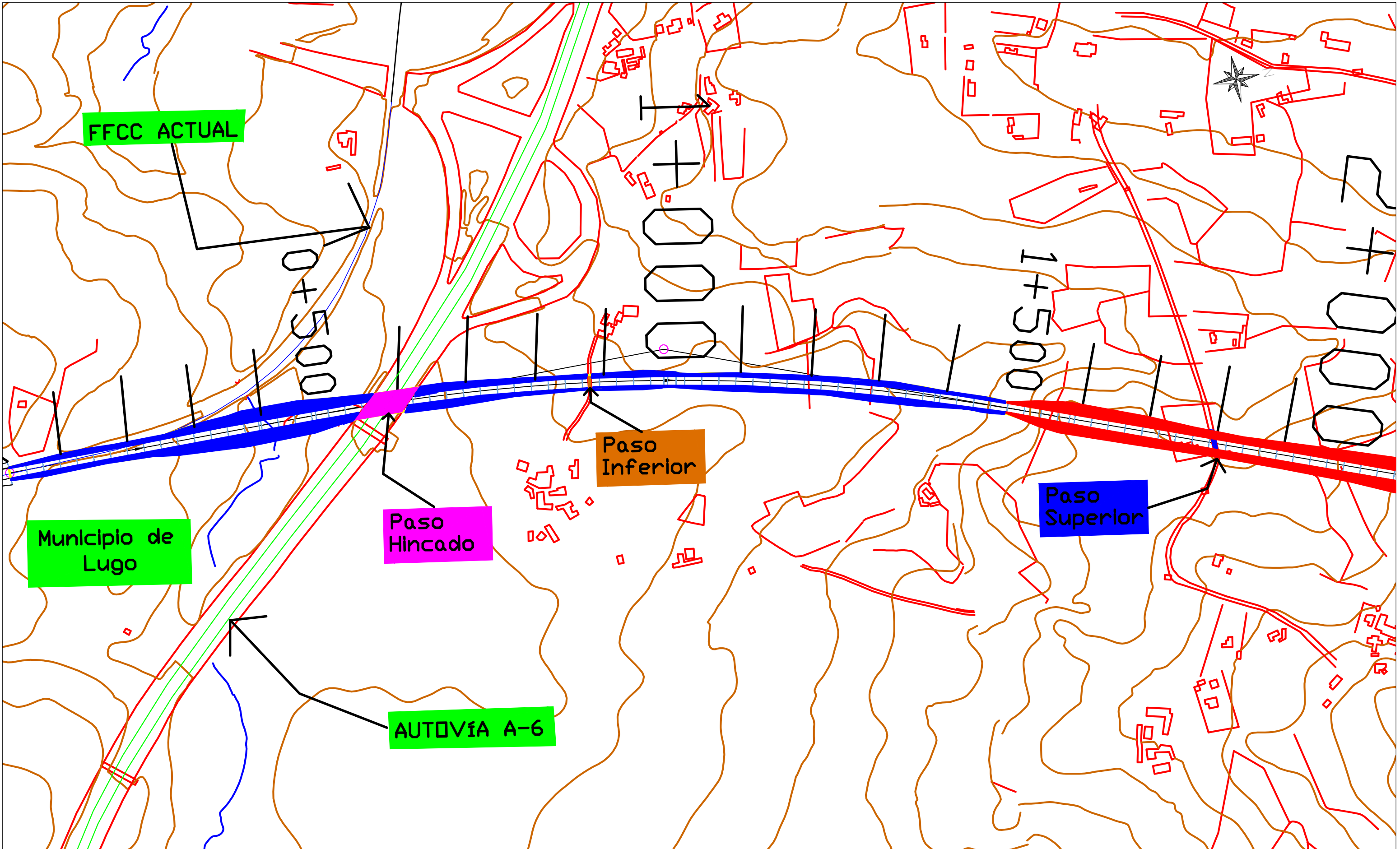


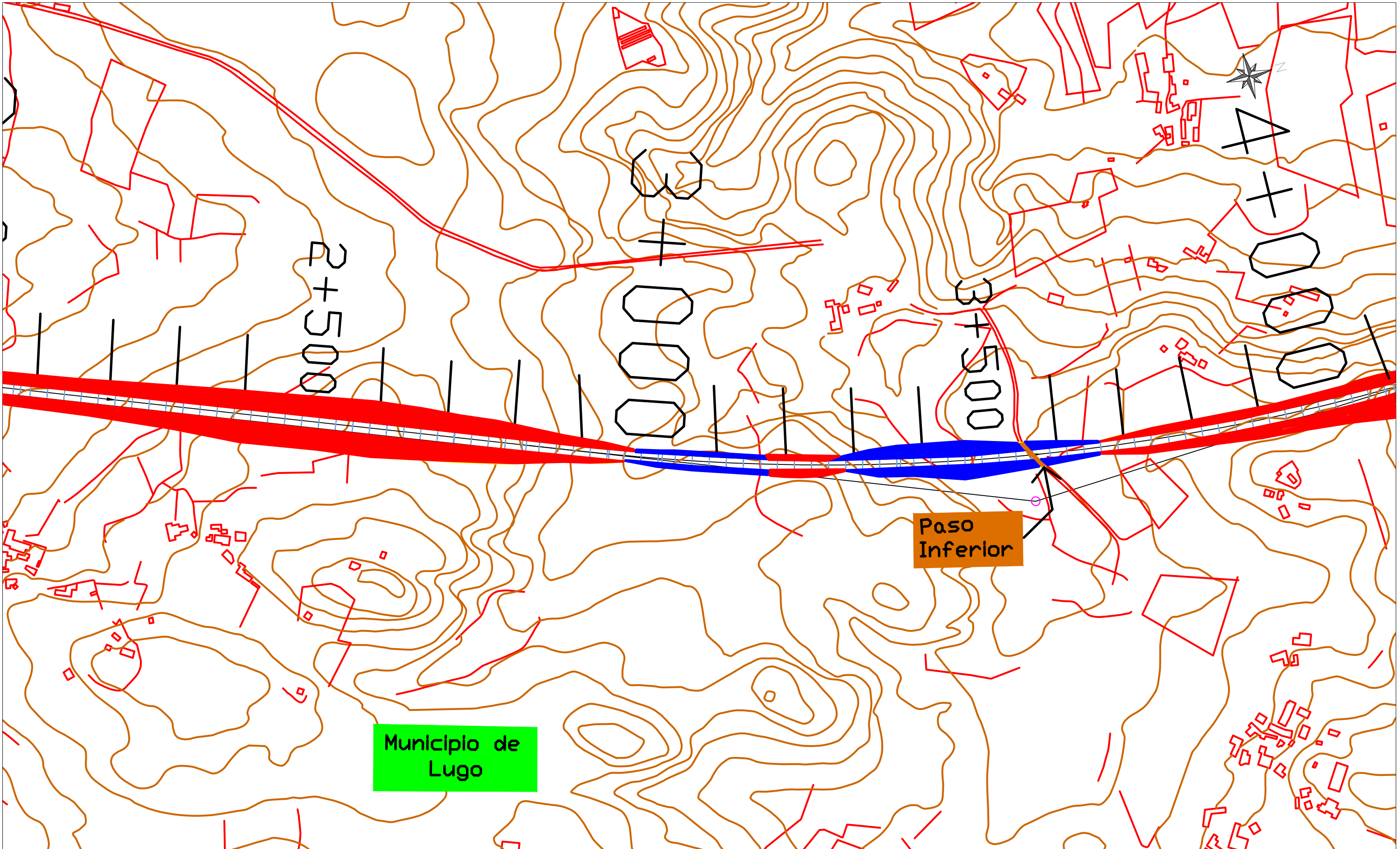
 	E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Oleiros de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 2. Planta de Detalle	Escala E: 1/5.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.3.2 Hoja 3 de 5
--	--	---	---	---	--	----------------------	-------------------------------	--



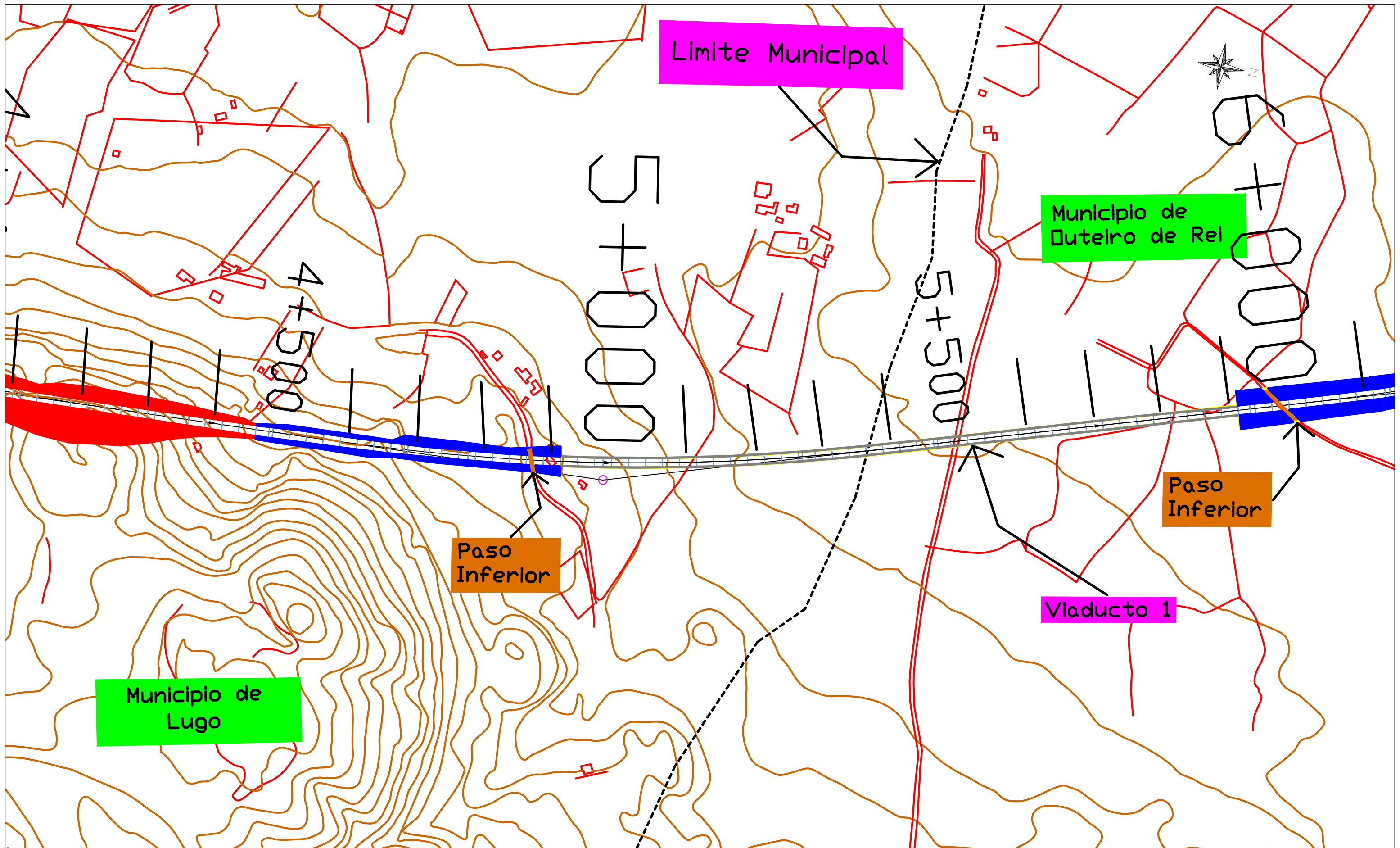
	E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 2. Planta de Detalle	Escala E: 1/5.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.3.2 Hoja 4 de 5
--	---	---	------------	---	--	----------------------	-------------------------------	--

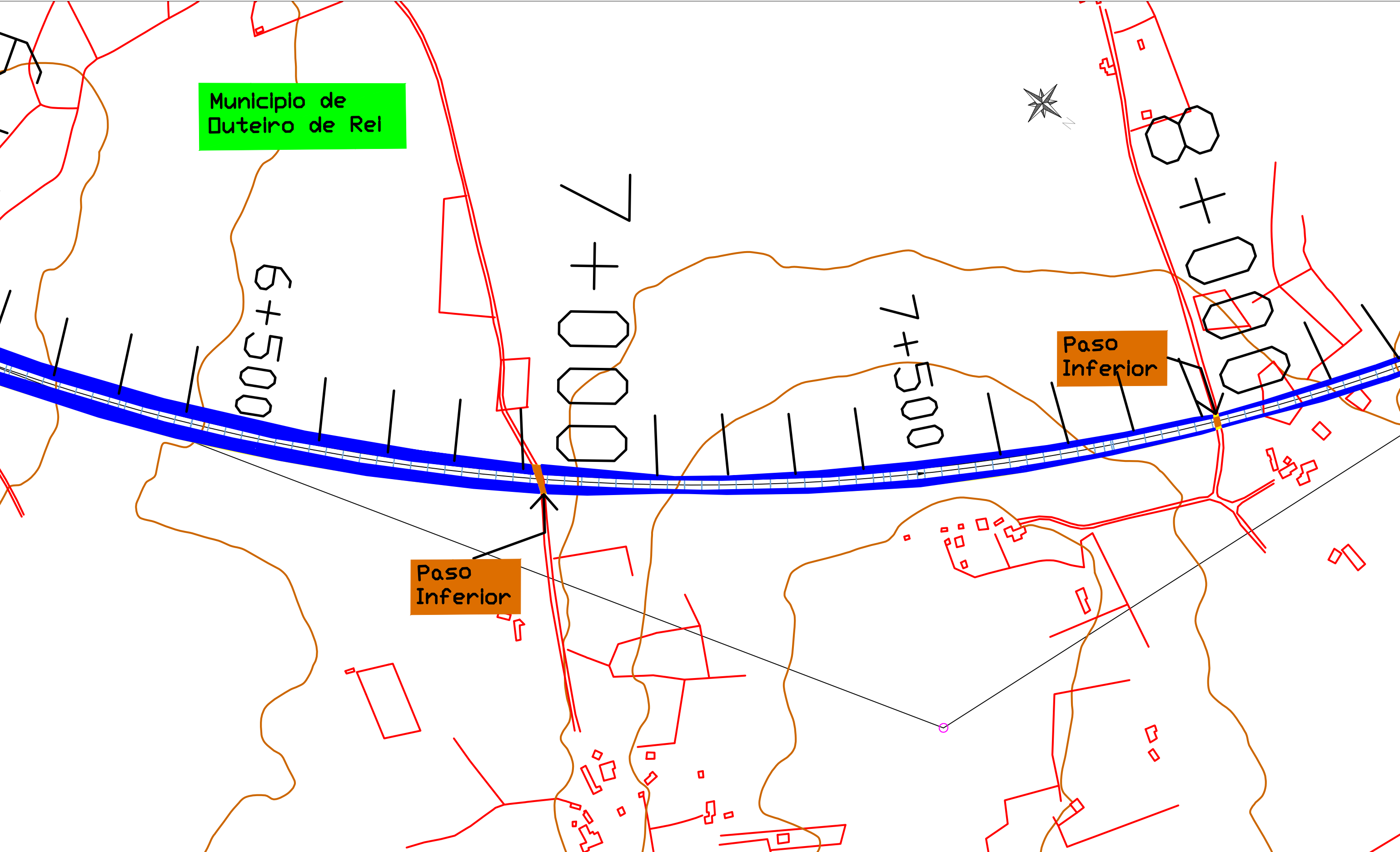


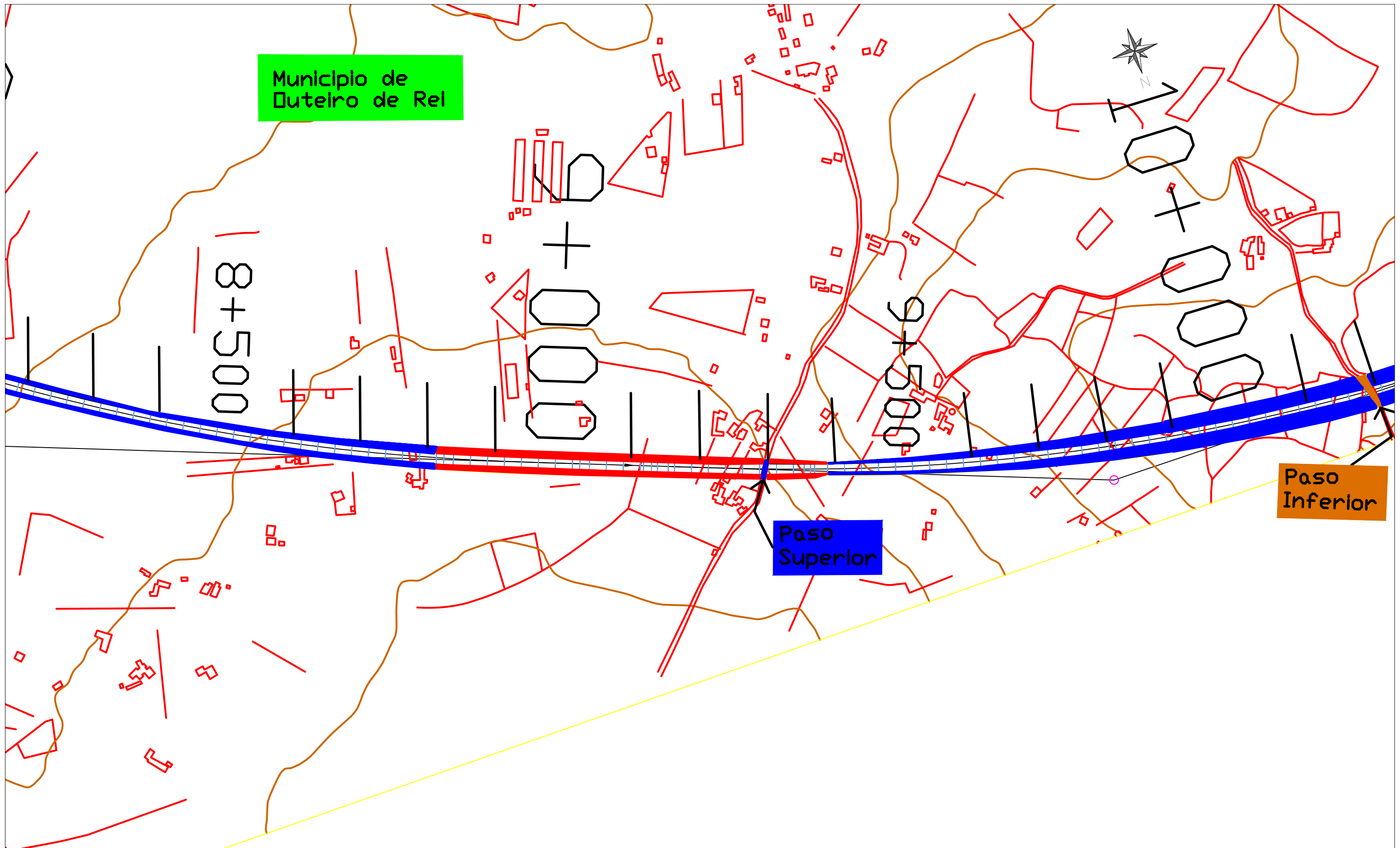


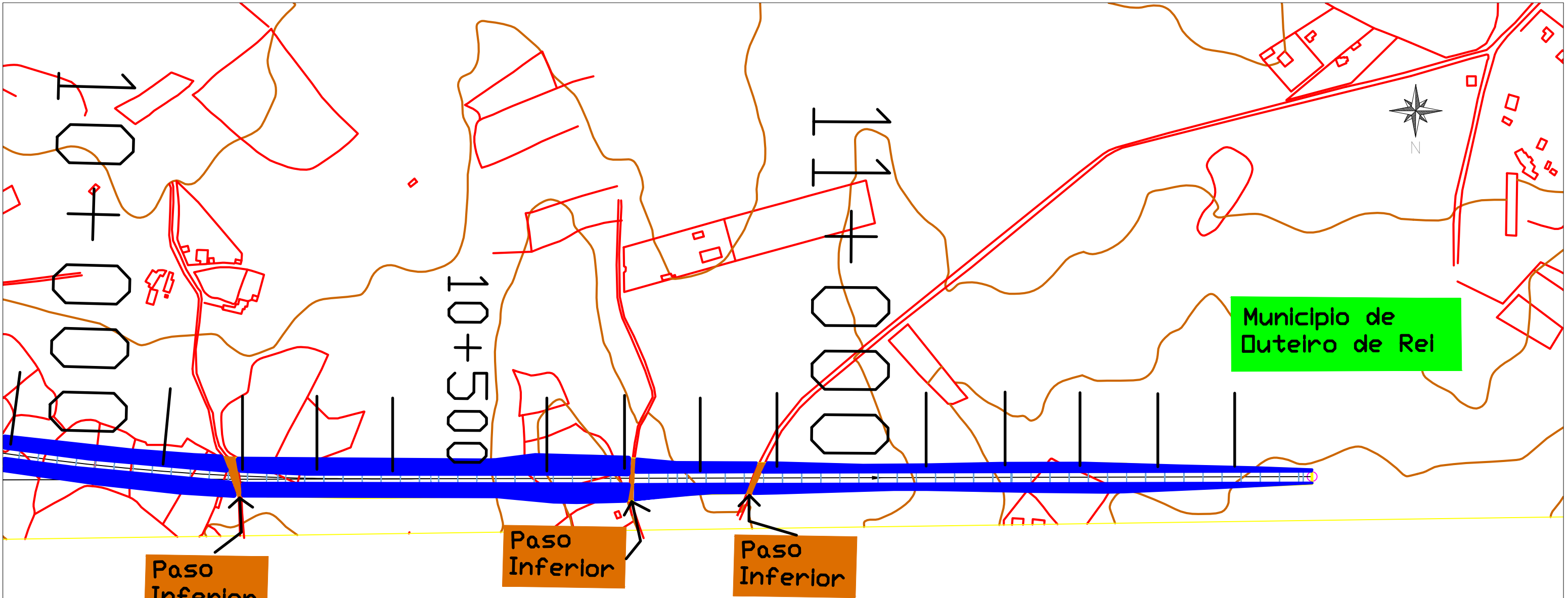


		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Estudio de Alternativas. Alternativa 3. Planta de Detalle	Escala E: 1/5.000	Convocatoria: Febrero 2018	Número de Plano: 5.33 Hoja 2 de 6
--	---	---	---	---	---	--	----------------------	-------------------------------	---









E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

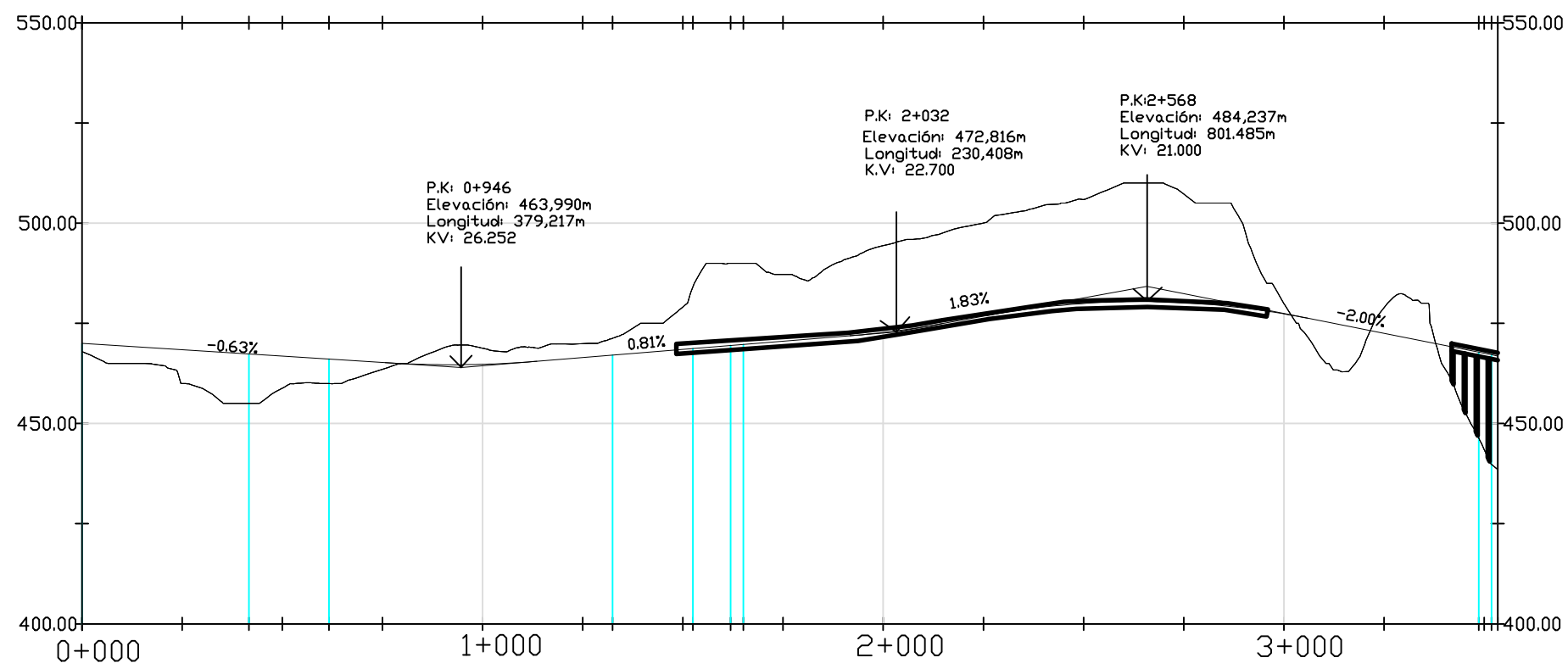
Titulo del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 3, Planta de Detalle

Escala
E: 1/5.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.3.3
Hoja 6 de 6



Cota Rasante

469.34	468.71	468.07	467.44	466.81	466.18	465.55	464.95	464.67	464.78	465.26	466.05	466.87	467.68	468.49	469.30	470.11	470.93	471.74	472.70	474.10	475.87	477.66	479.04	479.95	480.38	480.34	479.82	478.83	477.35	475.45	473.46	471.47	469.48	467.49
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

465.00	464.47	458.78	455.00	458.79	459.98	461.89	464.97	468.74	468.80	469.10	469.86	470.50	475.00	479.10	489.93	488.50	485.96	490.71	494.40	496.22	499.04	502.19	504.40	505.92	509.98	509.96	505.00	499.08	479.91	465.62	469.31	482.17	464.02	443.48
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

4.33	4.24	9.29	12.44	8.01	6.19	3.65	-0.02	-4.07	-4.02	-3.84	-3.80	-3.64	-7.32	-10.61	-20.63	-18.38	-15.03	-18.97	-21.69	-22.13	-23.17	-24.53	-25.36	-25.97	-29.59	-29.62	-25.18	-20.26	-2.56	9.83	4.15	-10.70	5.46	24.01
------	------	------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	------	------	--------	------	-------



E.T.S de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

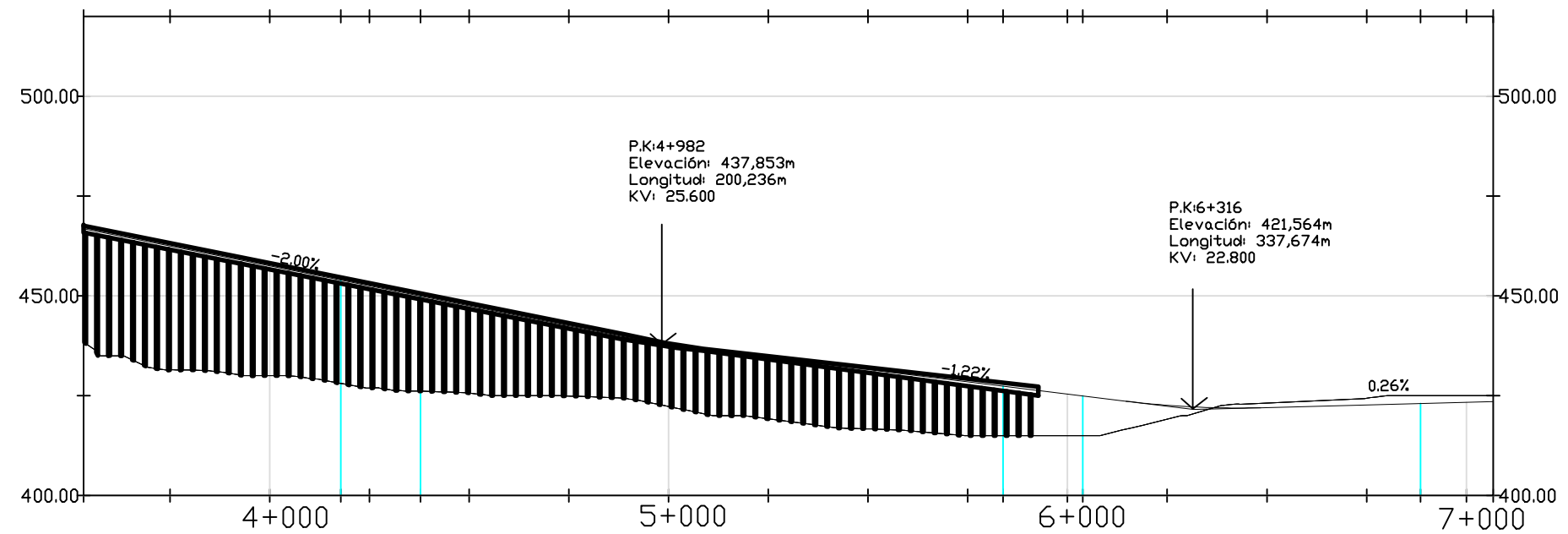
Título del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Duteiro de Rei

Título del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 1. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.1
Hoja 1 de 3



Cota Rasante

465.50	463.50	461.50	459.50	457.50	455.50	453.50	451.50	449.50	447.50	445.50	443.50	441.50	439.50	437.77	436.41	435.19	433.97	432.75	431.53	430.31	429.09	427.87	426.65	425.43	424.20	423.04	422.27	421.94	422.04	422.30	422.55	422.81	423.07	423.33
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

435.00	432.06	431.46	430.60	430.00	429.33	427.69	426.48	426.07	425.71	425.00	425.00	424.76	424.19	422.31	420.23	419.86	418.56	417.23	416.70	416.26	415.37	415.00	415.00	415.00	415.46	417.89	420.00	422.66	423.14	423.61	424.08	424.98	425.00	425.00
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

30.50	31.44	30.03	28.89	27.50	26.17	25.81	25.01	23.43	21.79	20.50	18.50	16.74	15.31	15.46	16.18	15.34	15.42	15.52	14.83	14.05	13.71	12.87	11.65	10.43	8.75	5.15	2.27	-0.72	-1.10	-1.32	-1.53	-2.17	-1.93	-1.67
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

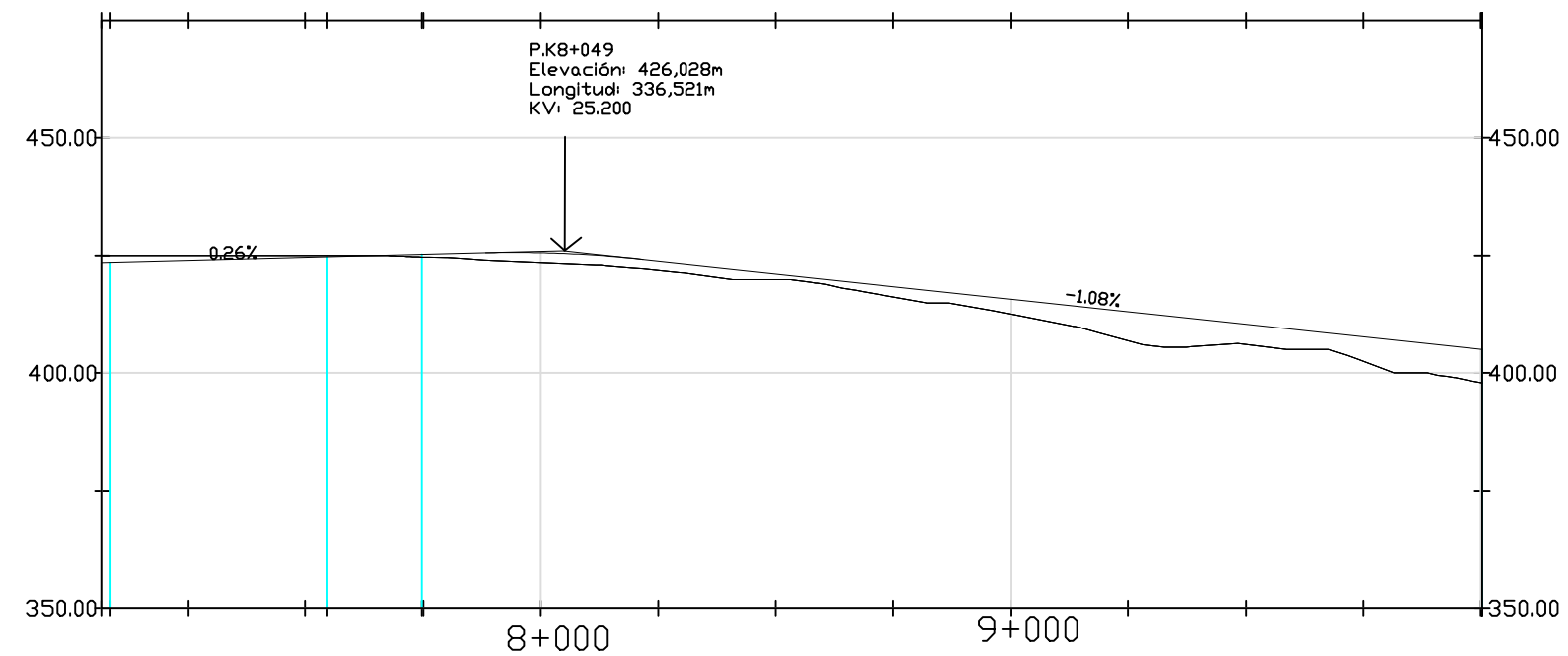
Titulo del Proyecto:
Linea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 1. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.1
Hoja 2 de 3



Cota Rasante

423.58	423.84	424.10	424.36	424.61	424.87	425.13	425.39	425.64	425.62	425.21	424.40	423.33	422.25	421.18	420.10	419.03	417.95	416.87	415.80	414.72	413.64	412.57	411.49	410.42	409.34	408.26	407.19	406.11	405.04
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

425.00	425.00	425.00	425.00	425.00	424.88	424.62	423.99	423.57	423.15	422.41	421.46	420.12	420.00	419.05	417.16	415.39	414.44	412.59	410.62	408.23	405.78	405.77	406.10	405.00	404.26	400.60	399.65	397.90
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

-1.42	-1.16	-0.90	-0.64	-0.39	-0.13	0.25	0.77	1.65	2.05	2.06	1.99	1.86	2.13	1.18	1.05	1.87	2.56	2.44	3.21	4.11	5.41	6.79	5.72	4.32	4.34	4.00	6.59	6.46	7.13
-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------



E.T.S de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

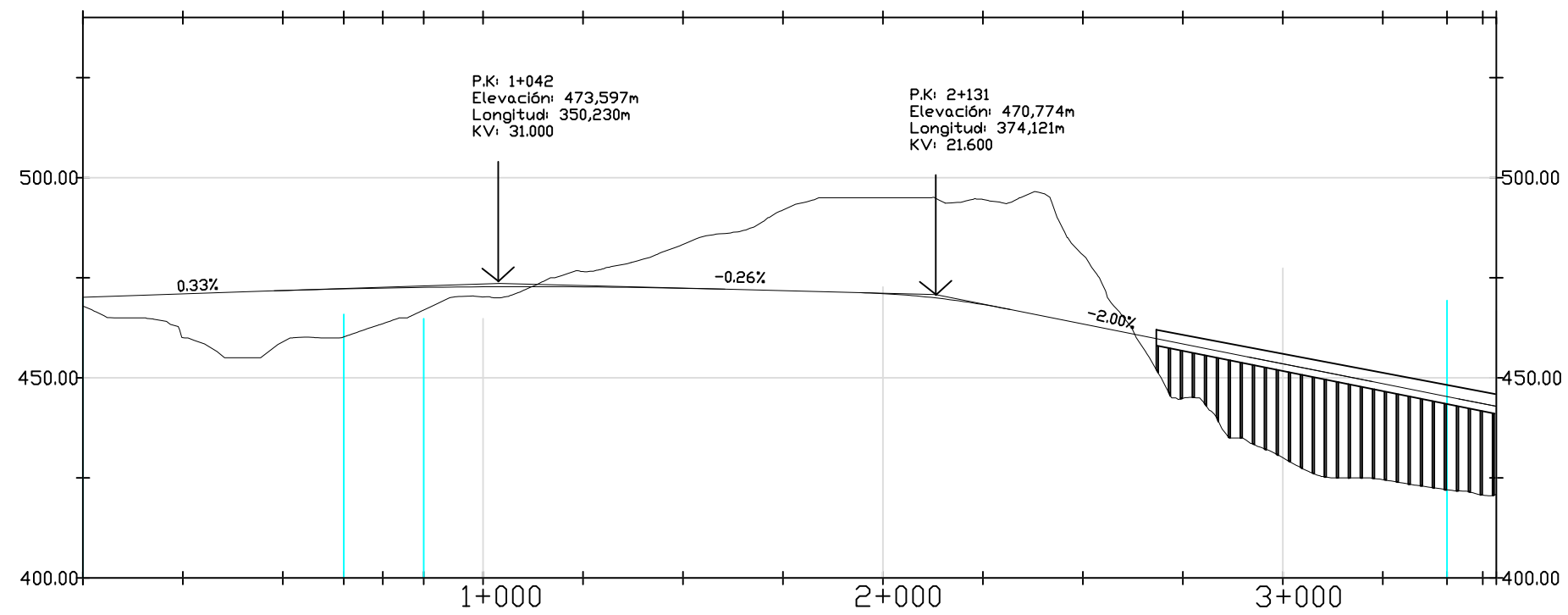
Título del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Duteiro de Rei

Título del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 1. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.1
Hoja 3 de 3



Cota Rasante

470.46	470.79	471.12	471.46	471.79	472.08	472.33	472.52	472.66	472.74	472.77	472.76	472.68	472.56	472.38	472.15	471.89	471.63	471.37	471.04	470.29	469.09	467.41	465.43	463.45	461.46	459.47	457.48	455.49	453.51	451.52	449.53	447.54	445.55	443.56
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

465.00	464.23	458.61	455.00	459.02	459.97	461.87	464.97	469.23	470.19	471.77	475.65	477.24	479.60	483.31	486.03	489.02	493.74	495.00	495.00	495.00	493.98	493.70	496.04	480.68	465.33	449.10	444.08	434.99	430.01	425.34	425.00	423.72	422.21	420.69
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

5.46	6.56	12.52	16.46	12.77	12.11	10.46	7.55	3.43	2.55	1.00	-2.89	-4.56	-7.04	-10.93	-13.88	-17.13	-22.10	-23.63	-23.96	-24.71	-24.90	-26.29	-30.61	-17.23	-3.87	10.37	13.40	20.50	23.49	26.18	24.53	23.82	23.34	22.87
------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



E.T.S de Ingenieros de
Camino,s, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

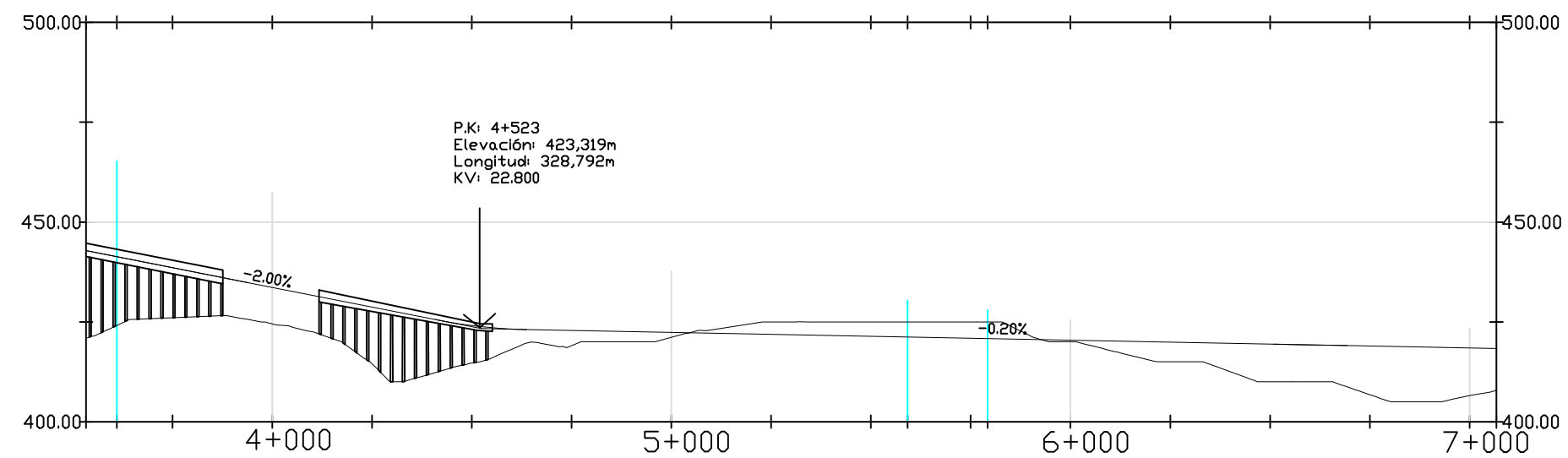
Titulo del Proyecto:
Linea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Duteiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 2. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.2
Hoja 1 de 3



Cota Rasante

441.57	439.59	437.61	435.63	433.65	431.68	429.70	427.72	425.75	424.10	423.22	422.97	422.78	422.58	422.38	422.19	421.99	421.79	421.60	421.40	421.20	421.01	420.81	420.62	420.42	420.22	420.03	419.83	419.63	419.44	419.24	419.05	418.85	418.66	418.46
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

423.61	425.81	426.23	426.30	424.53	422.53	418.11	410.00	412.05	414.68	418.12	419.16	420.00	420.00	421.13	423.00	424.56	425.00	425.00	425.00	425.00	425.00	425.00	421.47	420.00	417.86	415.41	415.00	412.51	410.00	410.00	408.50	405.09	405.00	406.54
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

17.96	13.77	11.37	9.32	9.12	9.15	11.59	17.72	13.69	9.42	5.10	3.81	2.78	2.58	1.25	-0.81	-2.57	-3.21	-3.40	-3.60	-3.80	-3.99	-4.19	-0.85	0.42	2.37	4.62	4.83	7.12	9.44	9.24	10.54	13.76	13.66	11.92
-------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------



E.T.S de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

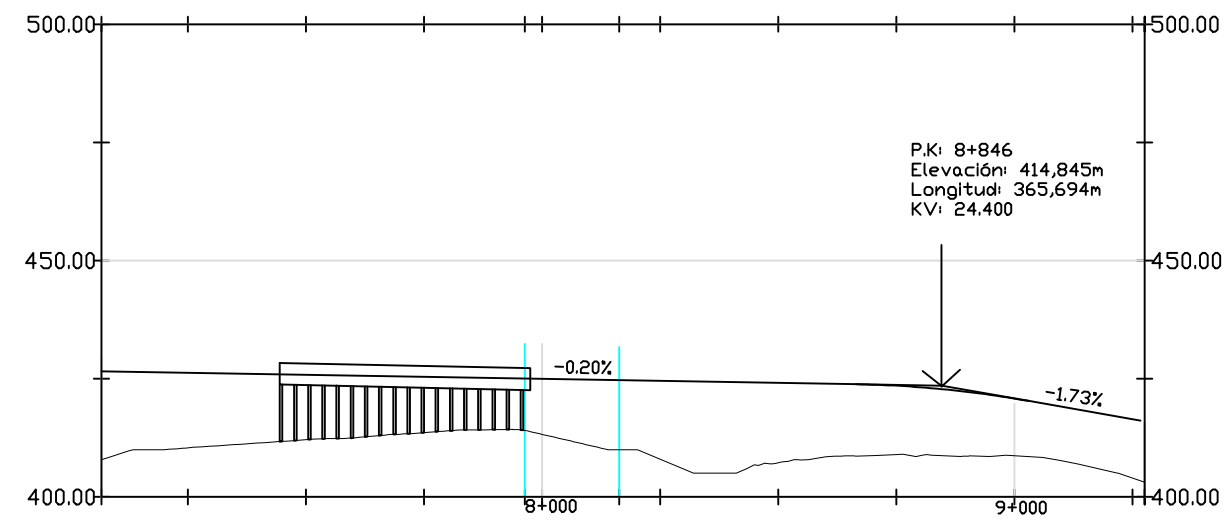
Titulo del Proyecto:
Linea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 2. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.2
Hoja 2 de 3



Cota Rasante

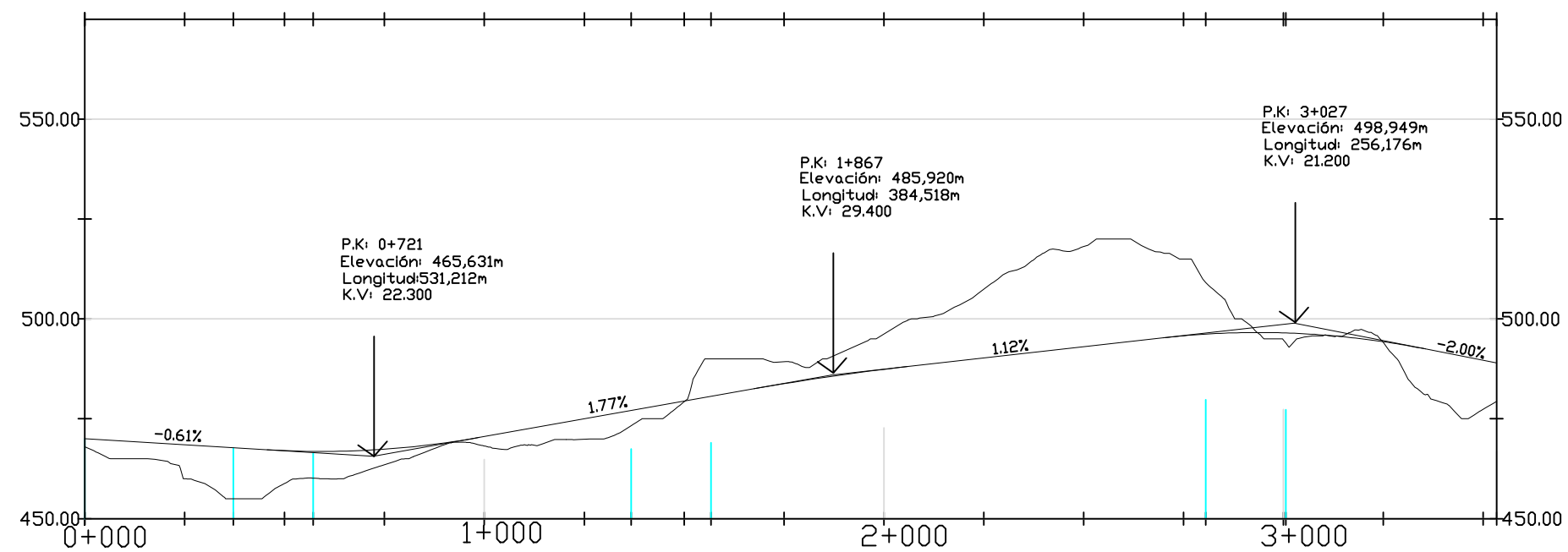
426.50	426.33	426.16	425.99	425.82	425.65	425.48	425.31	425.14	424.97	424.80	424.63	424.46	424.29	424.12	423.95	423.75	423.20	422.22	420.80	419.06	417.30
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

408.91	410.00	410.73	411.40	412.09	412.49	413.25	413.96	414.22	413.23	410.91	410.00	405.87	405.00	407.22	408.47	408.73	408.71	408.63	408.68	407.64	405.44
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

17.58	16.33	15.42	14.59	13.73	13.15	12.22	11.34	10.92	11.73	13.89	14.63	18.59	19.29	16.89	15.47	15.02	14.49	13.59	12.12	11.42	11.86
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



Cota Rasante

469.43	468.82	468.21	467.60	467.03	466.84	467.10	467.80	468.96	470.56	472.33	474.10	475.87	477.64	479.41	481.18	482.94	484.59	486.07	487.37	488.53	489.65	490.78	491.90	493.02	494.15	495.27	496.16	496.57	496.51	495.98	494.97	493.50	491.60	489.63
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

465.00	464.45	458.78	455.00	458.81	459.98	461.86	464.97	468.52	468.19	468.51	469.81	469.99	475.00	479.26	490.00	489.90	487.97	491.91	496.20	500.35	504.09	511.12	516.45	518.14	520.00	516.48	509.77	499.68	494.75	495.83	497.17	487.24	478.97	477.37
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

4.43	4.37	9.43	12.60	8.22	6.86	5.23	2.83	0.43	2.37	3.82	4.28	5.88	2.64	0.15	-8.82	-6.96	-3.39	-5.85	-8.82	-11.82	-14.44	-20.34	-24.55	-25.12	-25.85	-21.21	-13.62	-3.11	1.76	0.14	-2.20	6.26	12.63	12.26
------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	------	------	-------	------	-------	-------



E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

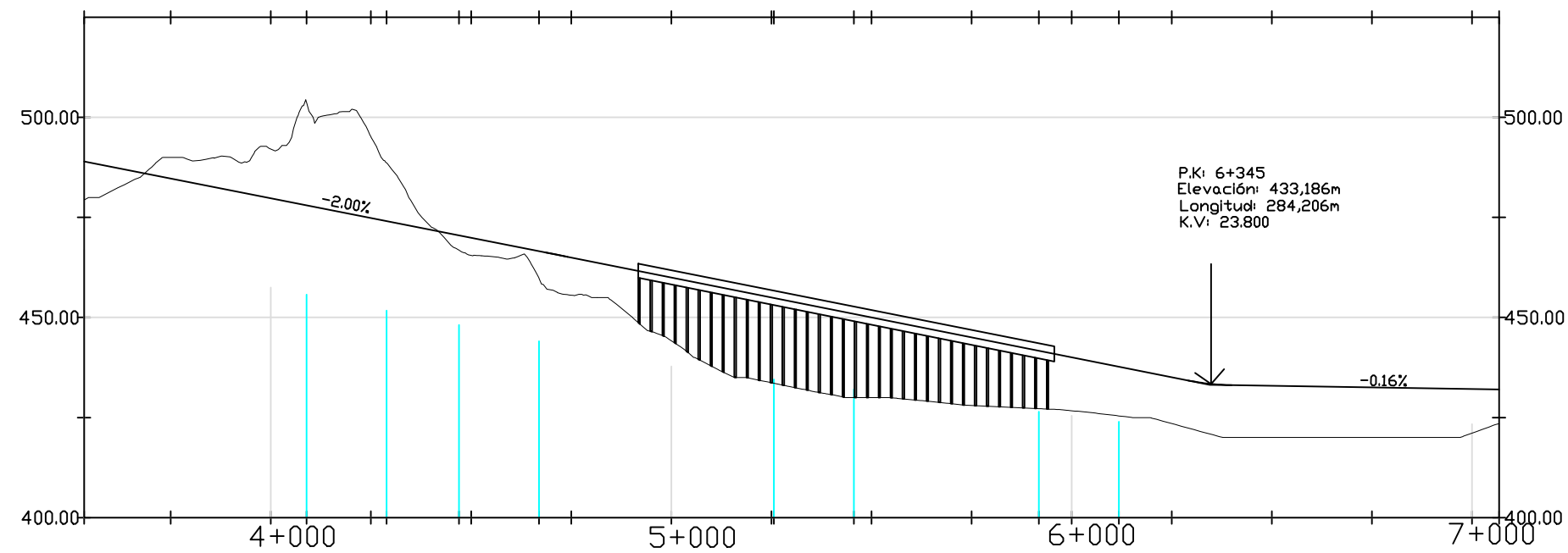
Titulo del Proyecto:
Linea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Duteiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 3. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.3
Hoja 1 de 4



Cota Rasante

487.66	485.69	483.72	481.75	479.78	477.80	475.83	473.86	471.89	469.92	467.95	465.98	463.99	461.99	460.00	458.01	456.01	454.02	452.03	450.03	448.04	446.05	444.05	442.06	440.06	438.07	436.08	434.09	433.10	432.93	432.77	432.60	432.44	432.27	432.11
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

481.47	487.36	489.26	490.04	492.05	500.80	501.81	487.23	472.64	465.52	464.75	456.90	455.04	450.28	444.21	437.85	434.74	432.64	430.72	430.00	429.46	428.45	427.78	427.31	426.70	425.62	424.85	422.12	420.00	420.00	420.00	420.00	420.00	420.00	421.11
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

6.19	-1.67	-5.54	-8.30	-12.27	-23.00	-25.98	-13.37	-0.75	4.40	3.20	9.08	8.95	11.72	15.79	20.15	21.27	21.38	21.31	20.03	18.58	17.60	16.27	14.75	13.37	12.45	11.22	11.97	13.10	12.93	12.77	12.60	12.44	12.27	11.00
------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	-------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



E.T.S de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

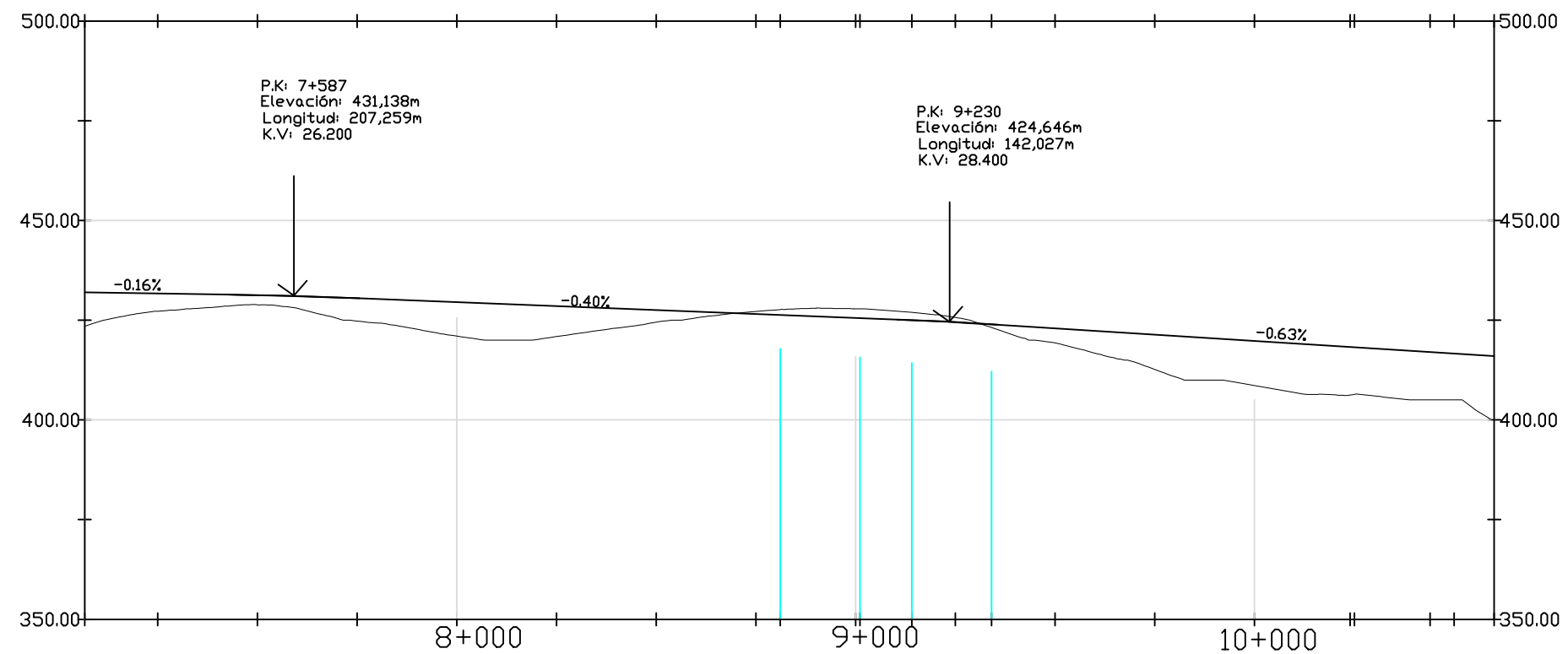
Titulo del Proyecto:
Linea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Duteiro de Rei

Titulo del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 3. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.3
Hoja 2 de 4



Cota Rasante

431.94	431.78	431.61	431.45	431.26	431.01	430.68	430.30	429.90	429.51	429.11	428.72	428.32	427.93	427.53	427.14	426.74	426.35	425.95	425.56	425.16	424.72	424.19	423.58	422.95	422.32	421.70	421.07	420.44	419.81	419.18	418.55	417.93	417.30	416.67	416.04
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota del Terreno

424.54	426.65	427.59	428.31	428.87	427.98	425.45	424.32	422.74	421.01	420.00	420.16	421.62	423.02	424.50	425.58	426.76	427.59	428.02	427.87	427.28	426.38	424.52	421.14	419.31	416.74	414.48	410.82	410.00	408.59	406.86	406.31	406.01	405.00	405.00	400.00
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Cota Roja

7.40	5.13	4.03	3.13	2.38	3.03	5.23	5.98	7.16	8.50	9.11	8.56	6.71	4.90	3.04	1.56	-0.02	-1.24	-2.07	-2.31	-2.12	-1.66	-0.32	2.44	3.65	5.58	7.22	10.24	10.44	11.22	12.32	12.25	11.92	12.30	11.67	16.04
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



E.T.S de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

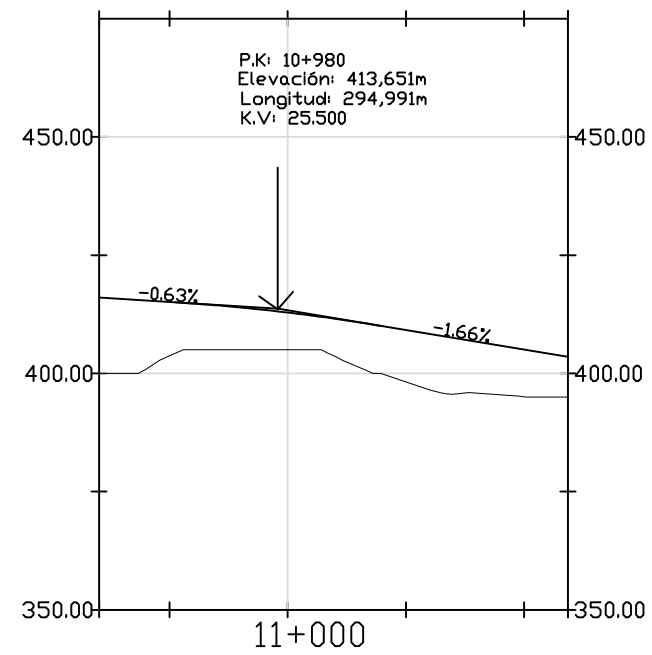
Título del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Duteiro de Rei

Título del Plano
Estudio de Alternativas:
Alternativa 3. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.3.4
Hoja 3 de 4



Cota Rasante

415.41
414.77
413.93
412.86
411.55
410.00
408.34
406.68
405.02

Cota del Terreno

400.83
405.00
405.00
405.00
403.58
399.88
396.50
395.80
395.05

Cota Roja

14.58
9.77
8.93
7.86
7.97
10.12
11.84
10.87
9.97



E.T.S de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

Título del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Título del Plano
Estudio de Alternativas.
Alternativa 3. Perfil Longitudinal

Escala
E.H: 1/15.000
E.V: 1/1.000

Convocatoria:
Febrero 2018

Número de Plano:
5.4.3
Hoja 4 de 4



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANEJO N°03: IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE ANEJO Nº03: IMPACTO AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN

2. MARCO LEGAL

- a) Legislación europea
- b) Legislación nacional
- c) Legislación autonómica

3. ESTUDIO AMBIENTAL

- a) Climatología
- b) Viento
- c) Flora
- d) Fauna

4. MEDIDAS CORRECTORAS, PROTECTORAS O COMPENSATORIAS

- a) Ruido
- b) Hidrología superficial y subterránea
- c) Vegetación
- d) Fauna
- e) Paisaje

5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es intentar evitar, en lo máximo posible las posibles alteraciones que el presente proyecto pudiese ocasionar al medio ambiente.

Como es lógico en muchas ocasiones evitar por completo los impactos ambientales es económicamente inviable, por ello el objetivo es minimizarlos en lo máximo posible.

Al ser este un anteproyecto no es necesario llevar a cabo una Evolución de Impacto Ambiental de forma exhaustiva, de modo que se realizara una aproximación simplificada de lo que sería una EIA.

2. MARCO LEGAL

La normativa a aplicar en un estudio de impacto ambiental es amplia:

a) Legislación Europea

a.1) Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011 relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente

a.2) Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE

a.3) Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales

a.4) Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el Medio Ambiente

b) Legislación Nacional

b.1) Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero

b.2) Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos

b.3) Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente

b.4) Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente

b.5) Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental

c) Legislación Autonómica

c.1) Ley 1/1995, de 2 de enero, de protección ambiental de Galicia

c.2) Decreto 327/1991, de 4 de octubre, sometimiento a declaración de efectos ambientales de proyectos

c.3) Decreto 442/1990, de 13 de septiembre, de Impacto Ambiental

3. ESTUDIO AMBIENTAL

a) Climatología

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, el clima de Lugo es un clima oceánico de tipo Cfb, con influencias de los climas mediterráneos (por el mínimo de precipitaciones que se da en verano, aunque no suficientemente pronunciado) y con cierto matiz continental. La temperatura media anual es de 11,5 °C y las precipitaciones son abundantes (más de 1000 mm al año). Debido a su alejamiento del Atlántico, este nivel de precipitación puede ser considerado bajo en comparación con comarcas como las de las Rías Bajas o Santiago. La temperatura más elevada registrada en su historia (41,2 °C) se dio en julio de 1990, y la temperatura más baja fue de -10,0 °C en diciembre de 2005.

A continuación se adjuntan los valores climatológicos normales obtenidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en el Aeropuerto de Lugo

Valores climatológicos normales. Lugo Aeropuerto

Periodo: 1985-2010 - Altitud (m): 445
Latitud: 43° 6' 41" N - Longitud: 7° 27' 27" O - Posición: Ver localización

Exportar a csv

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	6.2	10.6	1.8	114	83	14.0	1.7	0.2	6.8	11.5	-	-
Febrero	7.0	12.3	1.7	87	79	11.1	1.7	0.2	6.7	10.7	-	-
Marzo	9.2	15.2	3.0	80	74	11.2	0.8	0.5	6.4	6.3	-	146
Abril	10.0	15.7	4.3	102	75	14.0	0.7	1.4	5.8	2.8	-	-
Mayo	13.2	19.3	7.2	81	73	11.6	0.0	3.4	7.0	0.4	-	191
Junio	16.1	22.3	9.9	52	73	6.6	0.0	1.9	7.9	0.0	-	211
Julio	18.2	24.4	12.0	34	73	4.6	0.0	1.4	7.8	0.0	-	231
Agosto	18.5	25.2	11.8	36	72	5.2	0.0	1.8	10.2	0.0	-	240
Septiembre	16.4	23.0	9.8	68	75	7.7	0.0	1.2	11.5	0.0	-	179
Octubre	12.9	18.3	7.6	137	81	13.6	0.0	0.7	8.2	0.7	-	135
Noviembre	8.9	13.3	4.5	144	85	14.3	0.3	0.6	8.1	5.1	-	86
Diciembre	6.9	11.0	2.7	134	85	13.8	1.0	0.4	6.7	10.2	-	85
Año	12.0	17.6	6.3	1052	77	126.3	6.0	13.8	94.0	49.6	-	-

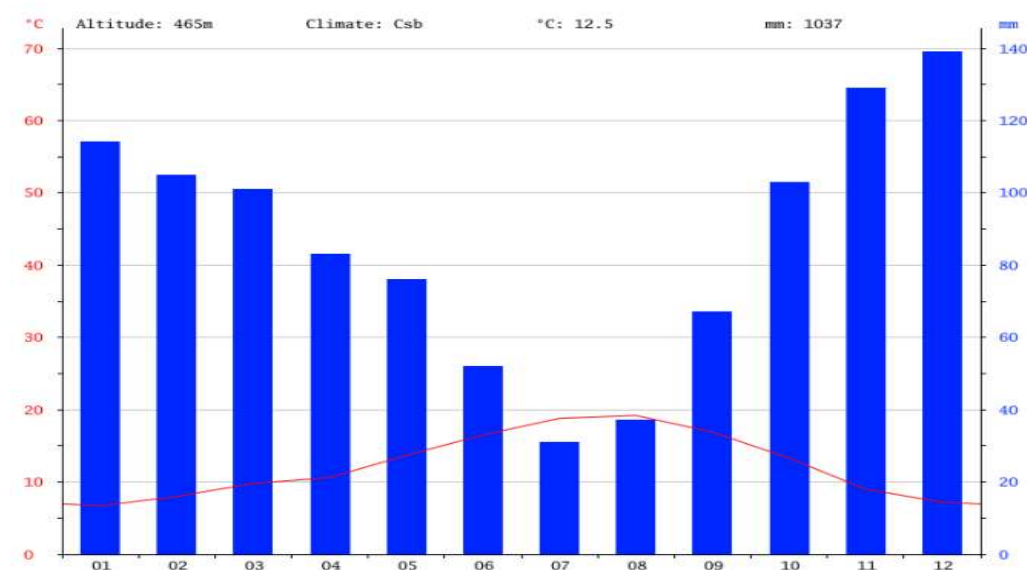
La leyenda correspondiente al cuadro anterior es la siguiente:



Leyenda

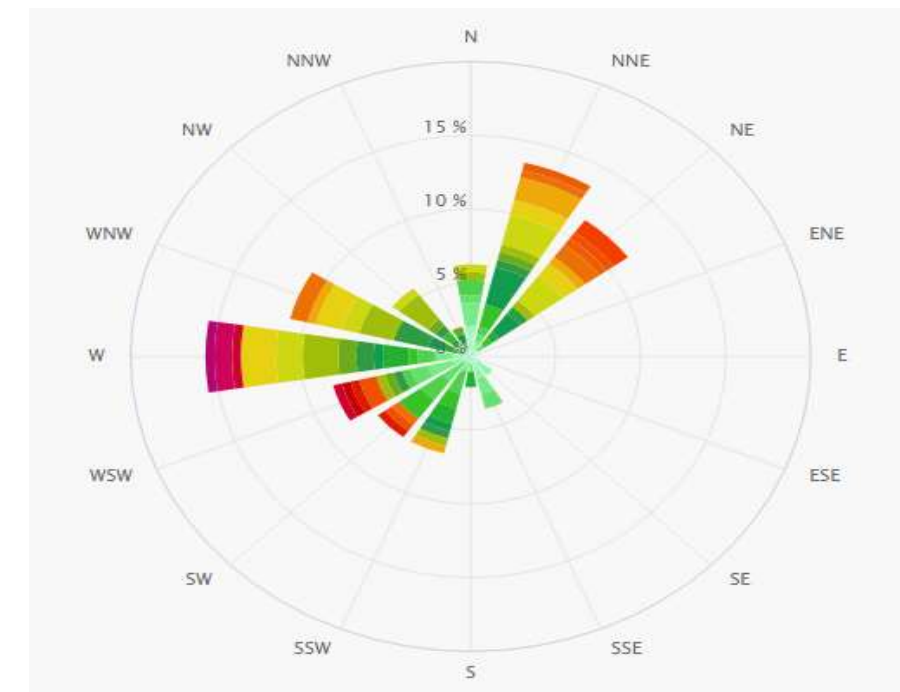
- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Si observamos un climograma de la ciudad de Lugo se observa que el mes más seco es Julio, mientras que Diciembre es el mes en el que se concentran un mayor número de precipitaciones



b) Viento

La Rosa de los Vientos obtenida en el Aeropuerto de Lugo medido a 10 metros de altura sobre el suelo es la siguiente:



c) Flora

Galicia tiene un gran porcentaje de monte (un 68,96 %) y bosque, siendo una de las comunidades con más masa forestal. En 2008 se estimaba que más de 600 millones de árboles cubrían la superficie gallega, siendo valorada en 28 000 millones de euros. Sin embargo, también se estimaba que la mayor parte de los bosques permanecían abandonados, estando llenos de maleza.

La región es una zona de transición entre tres climas y sus biotopos:

- Atlántico, con bosques de robles, abedules, alisos comunes, etc.
- Mediterráneo, principalmente en los valles interiores de los grandes ríos, con elementos significativos como estepas, alcornoques, arbutus, etc.
- Continental bastante suavizado, con elementos puntuales como tejos, acebos, algunos abetos (aloctonos), pinos rojos, etc.

Debido a la bonanza del clima y los altos niveles de lluvias y humedad, se dan también fácilmente especies subtropicales e incluso tropicales: palmeras, orquídeas.

d) Fauna

Los animales que se ven típicamente como más característicos de Lugo son domésticos, y corresponden a las explotaciones ganaderas. Sin embargo, los bosques y montes lucenses albergan una variedad de pequeños

mamíferos (liebres, conejos) y otros de mayor tamaño (como jabalíes o corzo) que son aprovechados en las temporadas de caza.

Es necesario destacar la presencia de dos especies presentes en el Catálogo Nacional de especies amenazadas como son el cernícalo primilla, así como el aguilucho cenizo.

4. MEDIDAS CORRECTORAS, PROTECTORAS O COMPENSATORIAS

a) Ruido

Es necesario actuar sobre la traza para disminuir los niveles acústicos que genera una vía férrea. En nuestro estudio la vía a construir comienza en una zona urbana por lo que es necesario tomar medidas correctoras.

Existen numerosas medidas correctoras destinadas a reducir los niveles de ruido como pueden ser:

- Instalación de barreras sónicas (Siempre y cuando exista el espacio suficiente para su instalación)
- Modificar el trazado superficial de la vía evitando pequeños radios de giro y pendientes elevadas.
- Reducir la velocidad de los vehículos.
- Actuaciones sobre los vehículos

b) Hidrología superficial y subterránea

En este sentido las medidas correctoras y preventivas en este aspecto están estrechamente ligadas al diseño del proyecto, para proteger la calidad del agua tanto superficial como subterránea quedan prohibidos los vertidos a la red de drenaje natural.

c) Vegetación

Se deben actuar en dos ámbitos, primero, establecer medidas preventivas con el fin de no destruir la vegetación existente y segundo, realizar siembras y plantaciones posteriores, es necesario realizar plantaciones en zonas de desmonte y terraplén con el fin de disminuir el impacto visual causado por la obra. Deben evitarse las plantaciones de especies no autóctonas.

d) Fauna

En este aspecto el diseño del trazado es fundamental, intentando evitar invadir espacios excepcionalmente sensibles. Una vez realizada la obra es necesario realizar medidas correctoras con el fin de evitar los atropellos, para intentar reducirlos en lo máximo posible se pueden realizar:

- Instalación de vallas
- Reducción de la velocidad
- Señalizaciones adecuadas

e) Paisaje

Es necesario actuar tomando medidas sobre la traza y las infraestructuras. La actuación más importante en este ámbito es la de la plantación y siembras de zonas desnudas y otras áreas en donde se haya destruido la vegetación, también es necesario tener en cuenta las características cromáticas de las infraestructuras a construir.

En cuanto a la visibilidad, las medidas en este aspecto consisten en reducir la visibilidad de elementos de la vía que paisajísticamente no son deseables, para ello es necesario disponer pantallas que oculten las infraestructuras.

5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre cita en su Artículo 11 cita la necesidad de realizar un Plan de Vigilancia Ambiental. Los objetivos básicos de este programa son los siguientes:

- Controlar la correcta ejecución de las medidas preventivas y correctoras de impacto ambiental previstas
- Verificar los estándares de calidad de los materiales y medios empleados
- Comprobar la eficacia de las medidas preventivas y correctoras establecidas y ejecutadas. Cuando tal eficacia se considere insatisfactoria, determinar las causas y establecer los remedios adecuados
- Detectar impactos no previstos y proponer las medidas adecuadas para reducirlos, eliminarlos o compensarlos
- Describir el tipo de informes y la frecuencia y periodo de su emisión y a quien van dirigidos

El programa de vigilancia ambiental debe describir con un gran grado de detalle el seguimiento que va a hacerse de las medidas correctoras y de los elementos del medio natural, por lo que no es objeto de este anteproyecto ahondar en ese nivel de detalle.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANEJO N°04: GEOLOGIA Y GEOTECNIA

INDICE ANEJO N°04: GEOLOGIA Y GEOTECNIA

1. INTRODUCCIÓN

2. CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS

3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

4. ESTRATIGRAFIA

a) Precámbrico

a.1) Serie de Alba

a.2) Serie de Villalba

b) Paleozoico

b.1) Cámbrico Inferior

b.2) Cámbrico medio y superior

b.3) Ordovícico inferior

b.4) Ordovícico medio y superior

c) Pliocuatrnario

d) Cuaternario

5. PETROLOGÍA

a) Rocas ígneas

a.1) Granitos Calcoalcalinos Biotíticos

a.2) Granitos alcalinos de dos micas

b) Rocas metamórficas

b.1) Serie de Alba

b.2) Serie de Villalba

b.3) Paleozoico

6. TECTONICA

7. HISTORIA GEOLÓGICA

8. CARACTERISTICAS HIDROGEOLÓGICAS

9. CONCLUSIONES



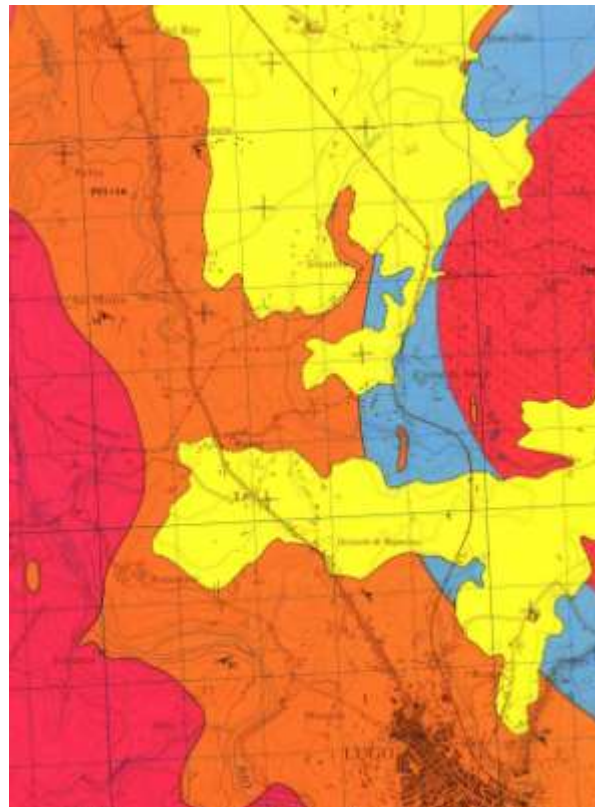
1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio, es la caracterización geológica y geotécnica de la zona de trabajo. Ésta se realizará a grandes rasgos debido al carácter de anteproyecto. No se llevarán a cabo sondeos, que sí serían necesarios en la elaboración de un proyecto constructivo definitivo.

Con este estudio se busca profundizar en aspectos relacionados con la estratigrafía, petrología y tectónica de la zona de estudio. Sin embargo, ésta se realizará a grandes rasgos debido al carácter de anteproyecto de nuestro estudio y no se llevarán a cabo los análisis de campo, que si serían necesarios en caso de elaboración del proyecto definitivo

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

Según el “Mapa Geológico de España” en su hoja numero 72 (Ciudad de Lugo) los suelos de nuestra zona de estudio están formados preferentemente por Arcillas lacustres con characeas y ostrácodos, arcosas y un nivel superior conglomerático. En un menor nivel en nuestro suelo encontramos Esquistos pelíticos con granates que intercalan neises anfibólicos.



Situación del proyecto en el mapa geológico de España

CUATERNARIO	Q	Q Cuaternario indiferenciado
TERCIARIO	T	T Arcillas lacustres con characeas y ostracodos, arcosas y un nivel superior conglomerático
PRECAMBRICO	PCE+EA	PCE+EA Esquistos pelíticos con granates que intercalan neises anfibólicos serie de Villalba.
	PC	PC Esquistos micáclicos con estaurilita, granate y cuarcitas tableadas serie de Albas

3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS

La zona de estudio se encuentra, según el "Mapa Geotécnico General" elaborado por el instituto geológico y minero de España, dentro del área II5, esto nos indica, en primer lugar, que estamos en un terreno en donde la litología es variada, fundamentalmente pizarras, filitas y granodioritas, con una pequeña influencia oceánica. En segundo lugar el índice “5” nos indica que estamos en un terreno de llano a ondulado con pendientes generales del 7 por ciento con terrenos semipermeables y permeables y un drenaje de aceptable a deficiente. El sustrato tiene una capacidad de carga alta, sin peligros de asentos.



Situación del proyecto en el Mapa Geotécnico de España



1 Mapa de situación de nuestro proyecto en el "Mapa Geotécnico"

Se adjunta a continuación la leyenda que acompaña a la imagen anterior

REGION	AREA	CRITERIOS DE DIVISION Y CARACTERISTICAS GENERALES
II LITOLOGIA MAS VARIADA, FUNDAMENTALMENTE PIZARRAS, FILITAS Y GRANODIORITAS DE MONTAÑOSA A LLANA. MENOR INFLUENCIA OCEANICA	II ₁ GRANODIORITAS, GRANITOS, METAGRAJAVAS	Ondulada a lisa, pendientes generales inferiores al 7 por ciento. Terrenos semi-permeables con recubrimiento permeable, drenaje deficiente mejorado por precipitación en algunas zonas. Sustrato: capacidad de carga alta, sin peligro de asentos; recubrimiento: capacidad de carga alta, peligro de asentos a corto plazo.
	II ₂ GRANODIORITAS, GRANITOS, METAGRAJAVAS	Alturada a montañosa, pendientes generales entre el 7 y el 30 por ciento. Terrenos semi-permeables con recubrimiento permeable, drenaje aceptable. Sustrato: capacidad de carga alta, sin peligro de asentos; recubrimiento: poco impermeable en la mayor parte del Área.
	II ₃ SEDIMENTOS RECIENTES	Llana, pendientes inferiores al 7 por ciento. Terrenos impermeables, drenaje deficiente. Capacidad de carga baja, peligro de asentos difusos.
	II ₄ FILITAS Y PIZARRAS CUARCITAS Y ARCOSAS ROCAS BASICAS	Montañosa, las pendientes generales pueden llegar a pasar del 30 por ciento. Terrenos semi-permeables, drenaje favorable. Capacidad de carga alta sin peligro de asentos, inestable.
	II ₅ FILITAS Y PIZARRAS ESQUISTOS	Llana a ondulada, pendiente generales inferiores al 7 por ciento. Terrenos semi-permeables y permeables, drenaje de aceptable a deficiente. Sustrato con capacidad de carga alta, sin peligro de asentos, inestable.

LEYENDA			
CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES
Problemas de tipo Geomorfológicos y Hidrológicos.	Problemas de tipo Geomorfológicos y Hidrológicos.	Problemas de tipo Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.).	Problemas de tipo Hidrológicos y geotécnicos (p.d.).
Problemas de tipo Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.).	Problemas de tipo Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.).	Problemas de tipo Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.).	Problemas de tipo geomorfológicos y geotécnicos.
Problemas de tipo Litológicos y Hidrológicos.	Problemas de tipo Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.).	Problemas de tipo Geomorfológicos.	Problemas de tipo geomorfológicos.
		Problemas de tipo Litológicos y Geomorfológicos.	Problemas de tipo litológicos y geomorfológicos.

El trazado del ferrocarril objeto de este anteproyecto se localiza en la región II, concretamente en las áreas II1, II3 y II5, abarcando ésta última prácticamente toda la totalidad de este proyecto:

- Área II1: Con sustrato de tipo granítico, presenta capacidad de carga alta, sin que sean de temer asientos absolutos importantes. La potencia de recubrimiento varía de unas zonas a otras dentro del Área, coincidiendo los mayores espesores con el sustrato de granodioritas y los menores con los granitos, gneises y metagrauwacas. En este sentido, los mayores recubrimientos de tipo arenoso pueden producir asientos medios a corto plazo y asientos diferenciales.

- Área II3: Compuesta por depósitos arcillosos o arcillosos con gravas, tiene baja capacidad de carga y la posibilidad de asientos diferidos importantes. Las condiciones de sedimentación hacen temer el peligro de contenidos de materia orgánica y turba que agravarían sus malas condiciones geotécnicas. Asimismo, resulta importante que en algunos de sus puntos se haya comprobado la existencia de sulfatos que obligarían a la utilización de cementos PAS en los hormigones de cimentación.

- Área II5: Constituida por un sustrato fundamentalmente compuesto de filitas y pizarras con pequeño recubrimiento, su capacidad de carga es alta y no presenta el peligro de asientos. Sin embargo, el fraccionamiento de la roca en paquetes paralelos a las direcciones de tectonización la hace inestable.

4. ESTRATIGRAFIA

a) Precámbrico

Se han diferenciado dentro del Precámbrico dos series principales: La serie inferior, o “Serie de Alba”, formada por esquistos micacíticos que engloban hacia el techo un potente banco cuarcítico y la serie superior o “Serie de Villalba”, formada principalmente por micacitas.

a.1) Serie de Alba

Aflora en una zona no superior al kilómetro cuadrado desapareciendo al NO, por debajo del Pliocuatnario y limitando al Sur por el granito de Sarria. No se ve la base de dicha serie, en cambio se puede ver perfectamente el tránsito a la serie superior (Serie de Villalba). Presenta, de muro a techo, la siguiente sucesión estratigráfica:

a) Esquistos micacíticos, muy moscovíticos de coloración amarillenta, hojosos y con irisaciones, que se caracterizan por la presencia de poiquiloblastos de granate y a veces estaurolita. Estas micacitas corresponden en origen a sedimentos arcillosos ricos en alúmina y hierro y a la vez pobres en calcio y magnesio.

b) Del tramo anterior se pasa a un nivel detrítico que comienza con una débil alternancia de cuarcitas micáceas y esquistos micacíticos, para terminar en un banco de unos 40 metros de potencia de cuarcitas algo moscovíticas, que intercala pequeños niveles de micaesquistos moscovíticos de color verdoso.

c) En el techo se encuentras unas micacitas que van haciendo más biotíticas a medida que se asciende en la serie, para pasar de forma insensible a la “Serie de Villalba” definida por la presencia de las primeras intercalaciones de anfíbolitas.

a.2) Serie de Villalba

Se encuentra sobre la “Serie de Alba”. La forma una potente y monótona secuencia de esquistos micacíticos, gneis pelíticos con granates y lentejones intercalados de gneis anfibólicos de una potencia máxima de 15 centímetros. En general, la serie es menos moscovítica que la anterior.

Los gneis anfibólicos presentan estructura típica de “gerbes” con una distribución irregular de los anfíboles en el plano de esquistosidad. Las anfíbolitas son rocas oscuras, de color gris – verdoso y con vierto bandeado, debido a las distintas concentraciones de anfíboles en los planos de esquistosidad.

b) Paleozoico

Se encuentra con una gran variedad petrológica

b.1) Cámbrico Inferior

a) Serie de Cándana Inferior: Consta de un centenar de metros cuarcitas pardo – grisáceas, a veces azuladas, de grano más fino y compactas, alternando con esquistos satinados de grano fino que se disponen en delgados paquetes y que ha servido para delimitar la separación entre las series esquistosas precámbricas, antes descritas, y el primer nivel carbonatado del Cámbrico Superior. Aflora a lo largo del flanco occidental.

b) Serie de Cándana Medio: Constituida por unos 600 metros de una sucesión esquistosa que de base a techo presenta los siguientes tramos:

b.1) 120 metros de esquistos verdosos satinados con moscovita y clorita, que intercalan pequeños niveles de cuarcita.

b.2) 60 metros de una serie más grosera, areniscosa, que cuando se altera presenta colores amarrotados.

b.3) 60 metros de un lentejón de dolomía marmórea de color grisáceo con un ligero bandeado.

b.4) 150 metros de pizarras sericíticas, de color grisáceo, que se caracterizan por una gran homogeneidad litológica.

b.5) Niveles lenticulares de caliza marmórea y dolomía, de colores claros, donde se han encontrado estructuras de algas y posiblemente arqueoziatidos.

b.6) 150 metros de un tramo detrítico de semiesquistos.

c) Serie de Cándana Superior: Se trata aproximadamente de unos 200 metros de cuarcitas en bancos, generalmente grisáceos y blancos que alternan con unos niveles de areniscas y pizarras sericíticas. Esta serie aflora en el flanco occidental y oriental del pliegue.

d) Serie de las Alternancias: Formada por unos 200 metros de pizarras de color gris – verdoso y esquistos micáceos. Muy localmente aparecen pequeños bancos de cuarcitas grisáceas y pequeños lentejones calizos. La base de esta serie la forman unos 25 metros de esquistos carbonosos con pirita.

b.2) Cámbrico medio y superior

Formado principalmente por una serie Flysch de unos 600 metros donde alternan esquistos sericíticos y pizarras con niveles de cuarcitas y areniscas o esquistos muy cuarcíticos. A veces los niveles más groseros aparecen en forma de glándulas. Esta serie suele dar relieves destacados en la topografía

La serie comienza con una alternancia de esquistos y cuarcitas, en bancos muy finos, para pasar de forma progresiva a alternancias en capas más potentes. Hacia la mitad aparece un banco algo carbonatado de unos 8 metros. Hacia el techo la serie se hace más pizarrosa y predominan los colores claros.

b.3) Ordovícico Inferior

Consta de unos 100 metros de cuarcitas que se presentan en potentes bancos de color claro, que dan resalte en la topografía y que hacia el techo se transforman en una alternancia casi tableada de esquistos y cuarcitas en paquetes de 10 – 30 centímetros.

b.4) Ordovícico medio y superior

Los tramos superiores están representados por un estrecho afloramiento de esquistos carbonosos, algo lustrosos, de color azulado, que intercalan niveles de areniscas. Ocupan el centro del sinclinal anteriormente citado.

C) Pliocuaternario

Formado por sedimentos que reposan horizontales o subhorizontales y discordantes sobre un substrato ígneo o metamórfico. Están formados por depósitos continentales rojizos y litológicamente muy heterogéneos. A escala macroscópica esta formación presenta las mismas litofacies en todos los afloramientos de zona.

Los depósitos son, en líneas generales, de tipo raña, en los que alternan arcillas arenosas rojizas, algo micáceas, y a veces felpespáticas, con gravas y arenas, presentan horizontes irregulares donde predominan los cantos subangulosos de cuarcita y cuarzo inmerso en una matriz arenosa– arcillosa, y arenas feldespáticas subredondeadas con bastantes fragmentos de rocas pizarrosas.

D) Cuaternario

Los materiales cuaternarios considerados en cartografía corresponden exclusivamente a depósitos aluviales, formados generalmente por limos y arcillas con cantos subredondeados poligénicos y heterométricos. La proporción relativa de una y otra fracción es variable, constituyendo en ciertas zonas gravas lavadas y en otras arcillas limosas exentas de cantos gruesos. A veces estos depósitos constituyen terrazas ligeramente colgadas (1,5 metros) en el río Miño.

5. PETROLOGÍA

a) Rocas Ígneas

Las rocas ígneas que afloran en la zona se pueden incluir dentro de las dos grandes series graníticas que se extienden por toda la Cadena Hercínica: Granitos calcoalcalinos biotíticos (Granodioritas) y granitos alcalinos de dos micas (Leucogranodioritas).

a.1) Granitos Calcoalcalinos Biotíticos

Dentro de esta serie granítica se distinguen dos grandes grupos, según la época de su emplazamiento:

a) Granodiorita precoz: Constituye casi toda la totalidad de nuestra zona de estudio. Aflora en el borde suroccidental de la misma, en una extensión aproximada de unos treinta y ocho kilómetros cuadrados y adquiere el afloramiento su longitud máxima, según la dirección ENE – OSO, coincidente con el sistema predominante de las fracturas cartografiadas.

Al norte y nordeste está limitado, en gran parte, por la “Serie de Villalba” y por la leucogranodiorita de Sarria que se dispone bordeando la granodiorita. Al sur y suroeste limita con una gran fractura que la pone en contacto con el Pliocuaternario del Valle del Lánacara y al norte y suroeste por el macizo de Neira. Por la presencia de esquistos en el centro del macizo, parece que la topografía lo corta en sus niveles más altos. La forma alargada del macizo, así como la ubicación del granito alcalino de Sarria, bordeando al macizo de Puebla de San Julián, parece indicar que el emplazamiento se hizo aprovechando fracturas de dirección ENE – OSO.

La facies común de estos granitos, que no es la típica de esta serie por comparación con las granodioritas de Galicia occidental, es una roca de grano grueso, color gris oscuro, en la que destacan megacristales de feldespato, grandes cristales alotriomorfos de cuarzo y predominio de la biotita sobre la moscovita en las partes centrales del macizo. En las proximidades del contacto con las leucogranodioritas aparecen grandes moscovitas tardías cristalizadas en el proceso de moscovitización de la roca, acaecido durante el emplazamiento de las leucogranodioritas. El estudio petrológico de lámina delgada, de la facies común, proporciona los siguientes datos:

- El cuarzo se presenta en cristales alotriomorfos en los que es frecuente encontrar inclusiones de rutilo.
- El feldespato potásico aparece en megacristales subidiomorfos pertitizados. Aparece también una segunda generación de microclina que rellena los intersticios entre los cristales y que está generalmente bien desarrollada.
- Las plagioclasas se presentan en cristales subidiomorfos, en su mayoría zonados. El núcleo más cálcico alcanza contenidos en anortita del treinta por cien, mientras que en los bordes estos contenidos varían del quince al veinte por cien. Son frecuentes los crecimientos mirmekíticos.
- La biotita es la mica más abundante en la facies común, muy pleocroica y presenta numerosas inclusiones de circón.
- La moscovita aparece en las proximidades del contacto con las leucogranodioritas, forma generalmente grandes cristales, en los que se observan crecimientos simplectíticos en los bordes. Es frecuente que aparezca asociada a feldespatos y biotita.
- Los minerales accesorios más frecuentes son: circón, opacos, apatito y rutilo.

b) Granodiorita tardía: Se presenta en afloramientos aproximadamente circulares. El Macizo de Lugo aflora en una extensión aproximada de 1,5 kilómetros cuadrados emplazándose en la “Serie de Villalba”. Debido a la pequeña extensión de afloramiento dentro de la zona, es difícil determinar su relación con la roca encajante. Sólo puede decirse que la esquistosidad se adapta al contacto, pero buzando hacia fuera del granito. Se ha observado que es anterior, en su emplazamiento, al Macizo de Castroverde, pues éste es intrusivo en el Macizo de Lugo.

Petrológicamente, se trata de una roca grisácea, de grano grueso a medio y de fractura irregular. Microscópicamente se observa que es una roca de textura granuda hipidiomorfa constituida esencialmente por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita.

a.2) Granitos Alcalinos de dos micas

Constituyen un grupo de granitos adamellíticos con dos micas, que en la zona afloran en una estrecha franja adosada a los bordes del macizo de la granodiorita precoz, con una extensión no superior a los tres kilómetros cuadrados.

La forma del afloramiento y su concordancia con el macizo hacen pensar que este granito ha ascendido aprovechando las discontinuidades creadas por el emplazamiento de la granodiorita o las mismas zonas débiles que aquella utilizó para su ascenso.

Los principales datos petrográficos obtenidos del estudio en lámina delgada son los siguientes: Poseen textura granuda, en la que no destacan jamás megacristales de feldespato, y los componentes mineralógicos principales son: Cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, moscovita y biotita.

- El feldespato potásico es generalmente subidiomorfo.
- La plagioclasea presenta tendencias al automorfismo y zonación oscilante
- Las moscovitas son siempre las últimas en cristalizar, pues sus cristales engloban a los de otros minerales.
- Los minerales accesorios más frecuentes son: apatito, circón y minerales opacos.

Se encuentra asociada a estas leucogranodioritas una serie de filones de productos hidrotermales y/o neumatolíticos. Las características mineralógicas, el bajo contenido en anortita de las plagioclasas, la presencia de microclina y la ausencia de megacristales, indican que el magma originario era de baja temperatura.

b) Rocas Metamórficas

El metamorfismo estudiado en la zona es de tipo epizonal y mesozonal de presión intermedia, asimilable al metamorfismo tipo Barrowiense, si bien con un gradiente geotérmico inferior.

Se ha encontrado la siguiente sucesión zonal: Zona de la clorita, zona de la biotita y zona de la estauroлита. La mesozona es la más extendida, mientras que la epizona queda restringida al borde oriental de la zona. Existe un efecto de zócalo, de forma que al Domo de Lugo se le considera como una gran “plataforma de estauroлита”.

Las características del metamorfismo registrado en esta zona parecen concordar perfectamente dentro del metamorfismo regional hercínico de Galicia oriental. La descripción petrológica de los materiales metamórficos presentes en la zona se realizará siguiendo el mismo orden establecido en el apartado de Estratigrafía.

b.1) Serie de Alba

Se diferencian en ella los siguientes tipos petrológicos: Esquistos moscovíticos con estauroлита y cuarcitas micáceas.

Las primeras son rocas foliadas con textura lepidoblástica. Como componentes principales aparecen: Cuarzo, moscovita, biotita y estauroлита. Como componentes accesorios: Biotita cloritizada, apatito, circón, turmalina y opacos. En algunos niveles los granates son gigantes y muy abundantes y la estauroлита es porquilitica.

Las cuarcitas micáceas son rocas ligeramente foliadas, con textura granoblástica orientada y a veces lepidoblásticas. Los minerales principales son: Cuarzo y moscovita. Los minerales accesorios son: Biotita, circón, turmalina, estauroлита y granates, clorita y sericita como secundarios.

b.2) Serie de Villalba

Los tipos petrológicos más corrientes son: Esquistos micacíticos con granates, gneis micáceos con granates y anfíbolitas.

Los esquistos micacíticos con granates son rocas oscuras muy foliadas, de textura lepidoblástica, con biotitas orientadas según los planos de foliación. Los minerales principales son: Cuarzo, moscovita, biotita y granate. Como accesorios aparecen: Circón, apatito, turmalina, clorita, plagioclasea y muy raramente rutilo. Estos esquistos provienen de sedimentos arcillosos.

Los gneis micáceos granatíferos son rocas foliadas, con textura lepidoblástica, que presentan la siguiente paragénesis mineral. Minerales principales: Cuarzo, biotita, moscovita, plagioclasea y granate. Minerales accesorios: Apatito, circón, a veces turmalina y feldespato potásico.

Las anfíbolitas o gneis anfíbólicos son rocas verdosas con clara laminación. Presentan textura granuda con poiquiloblastos y ligera orientación. A veces presentan textura nematoblástica. Como componentes principales aparecen: Cuarzo, plagioclasea, anfíbol monoclinico y como componentes accesorios: Biotita, granate, esfena, apatito, epidota y circón. Los granates y anfíboles presentan textura poiquilitica. A veces aparecen también texturas hilicíticas en los granates.

b.3) Paleozoico

a) La Serie de Cándana inferior está constituida por cuarcitas y esquistos moscovíticos. Las cuarcitas son de color parduzco, a veces azulado, con textura granoblástica. En la cuarcita, con menor grado de recrystalización, se observa claramente una escasa madurez textural. Componentes principales: Cuarzo y clorita. Componentes accesorios: Moscovita, biotita, apatito, turmalina, circón, sericita y óxido de hierro con textura especular.

Los esquistos son verdosos y presentan textura lepidoblástica. Minerales principales: Cuarzo y biotita. Minerales accesorios: Moscovita, turmalina, circón y cloritoide. Estos esquistos derivan de sedimentos arcillosos ricos en hierro.

b) La Serie de Cándana medio presenta los siguientes tipos petrológicos: Esquistos moscovíticos, mármol dolomítico y semiesquistos. Los esquistos moscovíticos son de color verdoso. Tienen una textura lepidoblástica y presentan las siguientes paragénesis minerales. Minerales principales: Cuarzo, moscovita, clorita. Minerales accesorios: Albita, clorita, turmalina, circón, apatito. Esta roca estaría originada por metamorfismo regional de sedimentos arcillosos.

El mármol dolomítico aflora en dos lentejones que pueden alcanzar hasta los cien metros de potencia. Son rocas de textura granoblástica, ligeramente bandeada, que a veces contienen estructuras de algas y posibles restos de arqueozitidos. El mineral más abundante es la dolomita, como accesorios están el cuarzo y minerales micáceos, tales como moscovita y sericita.

Los semiesquistos son rocas de color marrón poco elaboradas y con textura clásica que presentan zonas más pizarrosas

c) La Serie de Cándana superior está constituida por cuarcitas y alternancias de areniscas y pizarras. Las cuarcitas son de color claro, a veces grisáceo, de grano fino. Presentan textura granoblástica y ligera orientación cuando son ricas en minerales micáceos. Minerales principales: Cuarzo. Minerales accesorios: Plagioclasea, feldespato potásico, sericita, apatito, circón, turmalina, moscovita y rutilo.

Las alternancias de areniscas – pizarras están formadas por una sucesión tipo flysh de rocas con textura pizarrosa orientada en los niveles más finos y textura clástica en las areniscas. Los minerales principales son: Cuarzo y sericita. Los minerales accesorios son: Clorita, plagioclasa, circón, turmalina, feldespato potásico y opaco.

d) La Serie de las alternancias presenta los siguientes tipos petrológicos: Pizarra sericítica, esquistos micáceos, mármol de calcita y semiesquistos.

Las pizarras sericíticas son rocas grisáceas de grano fino y textura lepidoblástica. Minerales principales: cuarzo, moscovita y sericita. Minerales accesorios: Clorita, turmalina, feldespatos, biotita y opacos. Estas rocas están formadas por metamorfismo de sedimentos pelíticos.

Los esquistos micáceos son rocas grisáceas de textura lepidoblástica y a veces presentan alineación. Minerales principales: Cuarzo y moscovita. Minerales accesorios: Oligoclasas, feldespato potásico, apatito, clorita, sericita y turmalina. Proceden del metamorfismo de sedimentos arcillosos.

El mármol de calcita son rocas negruzcas, con vetas y zonas blanquecinas que presentan textura granoblástica. Minerales principales: Calcita. Minerales accesorios: Cuarzo, plagioclasa y moscovita. Los semiesquistos son rocas gris – marrón, con textura lepidoblástica y que presentan asociaciones minerales. Minerales principales: Cuarzo y moscovita. Minerales accesorios: Plagioclasa, circón, turmalina, clorita y apatito. Proceden del metamorfismo de rocas arenosas con arcilla, algunas veces del tipo arcosa.

6. TECTÓNICA

Nuestra zona de estudio está enclavada en la zona paleogeográfica. Los materiales deformados son de edad Precámbrico y Paleozoico inferior, y presentan generalmente una sola esquistosidad, que a escala macro, y a veces mesoestructural, está deformada. Se trata de una zona en la que se pasa el dominio de los pliegues acostados con plano axial horizontal y desarrollo amplio del flanco invertido, al dominio de pliegues con vergencia. La edad de la deformación es hercínica, aunque en la zona sólo hay datos para acotar la deformación entre el Ordovícico medio y la edad de la granodiorita precoz.

La cronología relativa de las fases hercínicas viene definida por la siguiente secuencia:

a) Fase I de plegamiento que afecta a todo el ámbito estudiado. Es la fase de máximo desarrollo y afecta a los materiales del Precámbrico y del Paleozoico inferior. A escala macroestructural esta fase ha producido pliegues tumbados de vergencia este y una vesticalización progresiva de la esquistosidad a medida que se avanza hacia el flanco oriental de la estructura de la zona. Esta esquistosidad está deformada a escala cartográfica por una segunda fase, que no se estima sea la total responsable de dicha verticalización. Existe también la presencia de pliegues menores, cuyo flanco invertido va disminuyendo hacia el este. A escala microestructural se caracteriza por una esquistosidad que pasa de foliación a esquistosidad de flujo oeste a este. Esta fase va acompañada de un metamorfismo intermedio de baja presión, quedando la zona situada, bien en la mesozona (parte occidental), bien en la epizona (parte oriental).

b) Fase II de plegamiento, visible a escala cartográfica y que se atenúa en el flanco oriental de la zona. En el área estudiada esta fase tiene más importancia de la que hasta el momento se le había venido dando. En la mitad oriental esta fase es responsable de un amplio sinclinal que se superpone al ya sinclinal tumbado y que se enlaza hacia el oeste con el “Domo de Lugo”. Esta fase se manifiesta a escala meso y macroestructural.

A escala macroestructural esta fase se traduce en un amplio sinclinal de unos cinco kilómetros de longitud donde la esquistosidad es uno y otro flanco presenta buzamientos de treinta grados y que da lugar al cierre periclinal de la zona. Este sinclinal empalma hacia el este con un anticlinal más cerrado que pliega el sinclinal tumbado y que cartográficamente es el responsable de una repetición de las “Calizas de Vegadeo” que se encuentran siempre en el flanco normal de primera fase. Al avanzar hacia el este, los efectos de ésta disminuyen hasta hacerse imperceptibles, probablemente debido a que se penetra en un dominio más competente.

c) Formación de pliegues laxos de dirección este – oeste.

d) Fases tardías con formación de “kink – bands” y fallas de desgarre horizontales sinistras. Los rasgos estratigráficos que permitieran datar estas fases son muy escasos, debido a la ausencia de depósitos posttectónicos en la zona estudiada. La única solución aceptable sería conocer, por medio de dataciones radiométricas, las edades absolutas de los granitos, y como, por otra parte, se conoce la cronología relativa de deformación – emplazamiento del granito, podría llegarse a una datación bastante precisa de las fases hercínicas. De esta forma se han logrado los siguientes resultados: La fase I debe ser visceense y la fase II intrawestfaliense.

Los pliegues este – oeste deben de tener unos doscientos ochenta metros aproximadamente, es decir, deben corresponder al Estefaniense Alto. Las fallas de desgarre y los “kink – bands” están comprendidas entre los doscientos sesenta metros y unos doscientos veinticinco metros de los primeros sedimentos triásicos.

7. HISTORIA GEOLÓGICA

La zona de estudio está enclavada en la Cadena Hercínica. Presenta estructuras paralelas de dirección aproximada norte – sur. Estas estructuras tienen gran continuidad longitudinal, mientras que transversalmente a ellas aparecen distintas unidades y materiales muy diversos.

La historia geológica de la zona puede resumirse con la sucesión de fenómenos que se indica a continuación:

1. Posibles movimientos epirogénicos de edad Cadomiense, que se manifestarán como una ligera discordancia Cámbrico – Precámbrico.
2. Orogenia hercínica definida por dos fases de deformación principales, acompañadas de un metamorfismo intermedio de baja presión y una etapa de compresión tardía de dirección norte – sur.
3. Movimientos epirogénicos que afectan ahora a un zócalo rígido sometido fundamentalmente a un intenso proceso erosivo y a una deformación de tipo fractura.

8. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Desde el punto de vista hidrogeológico, el conjunto del sustrato es fundamentalmente impermeable, de modo que la posibilidad de existencia de agua subterránea es muy escasa y siempre asociada a accidentes de tipo local como fracturas, buzamiento vertical de los planos de tectonización, etc. En las rocas de tipo granítico, el carácter



arenoso de los productos de alteración hace posible la existencia de pequeños acuíferos aislados en zonas fracturadas o cubetas rellenas de estos productos de alteración, sin embargo, en las pizarras, esquistos y demás rocas contenidas en la litología de la Hoja el hecho de que sus productos de alteración sean de tipo arcilloso hace más problemática esta posibilidad.

En definitiva, el carácter impermeable del conjunto determina que la lluvia útil vierta prácticamente en su totalidad en la red de drenaje, bien por escorrentía superficial o mediante una circulación semisubterránea (a pequeña profundidad), que muy adaptada a la topografía se exterioriza mediante manantiales que con diversa importancia pueden observarse en gran número.

Por lo anterior, la clasificación de los materiales en semipermeables e impermeables resulta convencional y pretende expresar una gradación de su impermeabilidad.

9. CONCLUSIONES

Nos encontramos pues en un terreno con una buena capacidad portante, sin peligro de que el terreno asiente demasiado por sorpresa. En cuanto a las pendientes, es cierto que no es un terreno excesivamente ondulado, pero las características geométricas de nuestro proyecto son las que nos obligan a realizar grandes movimientos de tierra.

Para la realización del proyecto constructivo, resultaría conveniente realizar los estudios pertinentes para identificar los problemas geomorfológicos e hidrológicos más habituales, para ello sería necesario recurrir a la realización de sondeos y calicatas.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANEJO N°05: PLATAFORMA Y SUPERESTRUCTURA



INDICE ANEJO N°05: PLATAFORMA Y SUPERESTRUCTURA

1. INTRODUCCIÓN
2. DISEÑO
3. TRÁFICO
4. DIMENSIONAMIENTO PLATAFORMA Y CAPA DE FORMA
5. DIMENSIONAMIENTO DE LA SUBBASE
6. BALASTO
7. TRAVIESAS
8. CARRIL

1. INTRODUCCIÓN

La plataforma y la superestructura juegan un papel fundamental para garantizar un adecuado comportamiento del sistema ferroviario durante su explotación.

Para la elección de los elementos que componen la superestructura de nuestro proyecto así como la determinación de los valores o parámetros básicos empleados en el diseño y cálculo de la misma, se recurre a lo establecido en las actuales normas vigentes para el diseño de ferrocarriles.

2. DISEÑO

La vía está sometida a acciones verticales y horizontales provocadas por la circulación de los trenes. Teóricamente, sólo debería soportar los esfuerzos verticales procedentes del peso de los vehículos y los transversales debidos a la fuerza centrífuga que éstos ejercen en las alineaciones curvas.

En la práctica, tales esfuerzos quedan aumentados por diferentes causas que pueden llegar a duplicarlos. Entre ellas existen:

- El imprescindible juego de la vía
- El ángulo de ataque de la rueda al carril.
- Las irregularidades que se producen en el perfil y la planta de la vía.
- Las oscilaciones que adquieren las partes suspendidas de los vehículos.
- El peralte en las curvas no adecuado a las diferentes velocidades de los distintos tipos de tráfico.
- El deslizamiento de las llantas de las ruedas de los vehículos sobre los carriles.
- El rozamiento de las llantas sobre los carriles (que hacen posible el avance de los trenes).
- Los rozamientos y acciones de las pestañas de las ruedas sobre dichos carriles.
- Las deformaciones del carril por las fluctuaciones de temperatura.

El balasto de vía cumple la función de aportar estabilidad a la vía férrea, haciendo que permanezca con la geometría dada durante su construcción. Adicionalmente cumple otras tres funciones importantes: distribuye las presiones que trasmite la vía al terreno, haciendo que sean admisibles para éste, ofrece una muy buena amortiguación de las vibraciones que genera el convoy al deslizarse sobre los raíles y permite un buen drenaje de las aguas pluviales, evitando que se deteriore el conjunto

Las dimensiones de la banqueta y resto de capas que componen la subbase dependen de una serie de factores, entre los que destacan:

- Las características de los suelos que constituyen la plataforma, en el tramo de vía considerado.
- Las características de la plataforma como conjunto.
- Las condiciones climatológicas de la zona de ubicación de la plataforma.
- El armamento de la vía.

3. TRÁFICO

El tráfico para cada vía se calcula teniendo en cuenta la norma UIC-714, en ella para la definición correcta del tráfico existente se propone la utilización de la siguiente formula:

$$T_f = S_v * (T_v + K_t * T_{t_v}) + S_m * (K_m * T_m + K_t * T_{t_m})$$

Los coeficientes con subíndice “m” hacen mención a tráfico de mercancías, al ser esta una línea de alta velocidad realizada para el tráfico de pasajeros, todos estos coeficientes son nulos.

El coeficiente S_v viene dado por la velocidad de proyecto utilizando la siguiente tabla:

$S_v = 1,00$	$v \leq 60 \text{ km/h}$
$S_v = 1,05$	$60 \text{ km/h} < v \leq 80 \text{ km/h}$
$S_v = 1,15$	$80 \text{ km/h} < v \leq 100 \text{ km/h}$
$S_v = 1,25$	$100 \text{ km/h} < v \leq 130 \text{ km/h}$
$S_v = 1,35$	$130 \text{ km/h} < v \leq 160 \text{ km/h}$
$S_v = 1,40$	$160 \text{ km/h} < v \leq 200 \text{ km/h}$
$S_v = 1,45$	$200 < v \leq 250 \text{ km/h}$

En nuestro caso al ser $V_p=240\text{km/h}$ el valor de este coeficiente es 1,45.

El coeficiente T_v hace referencia al tonelaje medio diario de los coches de viajeros en la vía. (Toneladas brutas remolcadas). Para hallar el valor de tráfico ficticia utilizamos el valor 2.500 Toneladas para este parámetro.

K_t es un coeficiente que tiene en cuenta la influencia en la agresividad sobre la vía en las locomotoras de viajeros. Por norma general se toma un valor igual 1,40.

Ya por último el coeficiente T_{t_v} mide el tonelaje medio diario de las locomotoras que arrastran los coches de viajeros. (Toneladas). Tomamos para este coeficiente el valor de 7.500 Toneladas.

Aplicando la formula anterior con estos valores obtenemos el siguiente resultado:

$$T_f = 1.45 * (1.4 * 7.500 + 2.500) = 18.850 \text{ t/día}$$

Con este resultado la UIC clasifica las vías en seis grupos según los valores del tráfico ficticio:

Grupo 1	$130.000 \text{ t/día} \leq T_f$
Grupo 2	$80.000 \text{ t/día} \leq T_f < 130.000 \text{ t/día}$
Grupo 3	$40.000 \text{ t/día} \leq T_f < 80.000 \text{ t/día}$
Grupo 4	$20.000 \text{ t/día} \leq T_f < 40.000 \text{ t/día}$
Grupo 5	$5.000 \text{ t/día} \leq T_f < 20.000 \text{ t/día}$
Grupo 6	$T_f < 5.000 \text{ t/día}$

Atendiendo a esta tabla obtenemos una vía del **GRUPO 5**.

donde:

- e_{sb} = espesor de la capa de subbase, en m.
- e_b = espesor de la base o banqueta de balasto bajo traviesa, en m

Los valores de los diferentes parámetros se sacarán de la siguiente tabla:

FACTOR CORRECTOR	VALOR DEL FACTOR	CONDICIONES DE APLICACIÓN
E (por clase de plataforma)	0,70 m 0,55 m 0,45 m	para plataformas P1. Para plataformas P2. Para plataformas P3.
a (por grupo de tráfico)	0 - 0,10 m	para los grupos 1 a 4 (según Tabla 4) para los grupos 5 y 6 (según Tabla 4)
b (por tipo de traviesa)	0 (2,5-L)/2	para traviesas de madera de longitud $L \geq 2,60$ m. para traviesas de hormigón de longitud L. (b y L en m; $b < 0$ si $L > 2,50$ m).
c (por dificultad de ejecución)	0 - 0,10 m	para situación normal. Para condiciones de trabajo difíciles en líneas existentes
d (por cargas máx. por eje)	0 0,05 m 0,12 m	con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 200 kN. Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 225 kN. Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 250 kN.
f (por capa de forma)	0 geotextil	(sin geotextil) cuando la capa de forma es de QS3. Con geotextil cuando la capa de forma es QS1 ó QS2.

Por lo tanto en nuestro caso:

- $E = 0,45$
- $a = -0,1$
- $b = 0,05$
- $c = d = f = 0$

Por lo tanto aplicando la formula obtenemos:

Espesor subbase = 0,40 metros

4. DIMENSIONAMIENTO PLATAFORMA Y CAPA DE FORMA

Las características de la plataforma vienen dadas por la calidad del suelo en el que nos encontramos, en función del tipo de suelo se distinguen cuatro tipos:

- QS0: Suelos inadecuados para realizar las capas subyacentes a la de forma.
- QS1: Suelos malos, aceptables cuando se dispone de un buen drenaje.
- QS2: Suelos medios.
- QS3: Suelos buenos.

En función de la calidad del suelo que constituye la capa de forma y del espesor de ésta, se distinguen las siguientes clases de plataforma:

- P1: Plataforma de mala capacidad portante ($CBR \leq 5$).
- P2: Plataforma de capacidad portante media ($5 < CBR \leq 20$).
- P3: Plataforma de capacidad portante buena ($CBR > 20$).

Para los trazados nuevos es necesario una plataforma P3 y para realizar la capa de forma se utilizara un suelo tipo QS3. Con estos condicionantes ya tenemos el espesor de nuestra capa de forma que nos viene dado por la siguiente tabla:

ESPESOR MÍNIMO DE LA CAPA DE FORMA			
CALIDAD DEL SUELO SOPORTE	CAPACIDAD DE CARGA EN LA PLATAFORMA	CAPA DE FORMA PARA OBTENER LA CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLATAFORMA	
		CALIDAD DEL SUELO	ESPESOR MÍNIMO (m)
QS1	P2	Suelo fino tratado con ligantes	0,30
	P2	QS2	0,55
	P2	QS3	0,40
	P3	QS3	0,60
QS2	P2	QS2	—
	P3	QS3	0,40
QS3	P3	QS3	—

5. DIMENSIONAMIENTO DE LA SUBBASE

En el caso más habitual de que la subbase esté constituida por una única capa de subbalasto el espesor de la misma se obtendrá de la fórmula:

$$e_{sb} = E + a + b + c + d + f - e_b$$

6. BALASTO

El espesor del balasto será el que garantice de manera conjunta e integrada las siguientes funciones primordiales:



- Transmitir lo más homogénea posible las presiones de los durmientes al balasto.
- Obtener un buen comportamiento a los esfuerzos laterales y longitudinales.
- Permitir una fácil corrección de los parámetros geométricos de la vía mediante bateo con equipos mecanizados.
- Permitir una buena evacuación del agua de lluvia para mantener la capacidad portante de la plataforma.
- Garantizar la elasticidad de la vía con el fin de reducir las fuerzas dinámicas y transmitir las lo más atenuada posible al plano de formación.

En todo caso, al tratarse de una línea de Alta Velocidad, el espesor de balasto no será inferior a treinta centímetros bajo traviesa en eje de carril.

El carril es del tipo 60 E1. Una vez en vía se conforman las barras largas soldadas definitivas mediante soldadura aluminotérmica.

7. TRAVIESAS

Las funciones principales que deberán desempeñar las traviesas son:

- Servir de soporte a los carriles asegurando su separación e inclinación.
- Repartir sobre el balasto las cargas verticales y horizontales transmitidas por los carriles.
- Conseguir y mantener la estabilidad de la vía, en los planos horizontal y vertical, frente a los esfuerzos estáticos del peso propio, los dinámicos debidos al paso de los trenes y los procedentes de las variaciones de temperatura.
- Mantener, si es posible por sí misma, el aislamiento eléctrico entre los dos hilos del carril cuando la línea posea circuitos de señalización.
- Ofrecer características aislantes para que las corrientes parásitas, procedentes de la electrificación, no perjudiquen las instalaciones situadas en el entorno de la vía.

Para esta vía se ha previsto una traviesa polivalente PR-01 de tipo monobloque de hormigón pretensado para anchos de vía internacional e Ibérico. Las traviesas incorporarán una suela de material elastomé

8. CARRIL

Las principales funciones del carril serán:

- Absorber, resistir y transmitir a las traviesas los esfuerzos recibidos del material motor y móvil, así como los de origen térmico. Estos esfuerzos pueden ser verticales, transversales y longitudinales.
- Guiar el material circulante con la máxima continuidad tanto en planta como en alzado.
- Servir de elemento conductor para el retorno de la corriente.
- Servir de conductor para las corrientes de señalización de los circuitos de vía.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANEJO N°06: ESTUDIO SISMICO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

INDICE ANEJO N°06: ESTUDIO SISMICO

1. INTRODUCCIÓN
2. NORMATIVA
3. ACCELERACIÓN SISMICA DE CÁLCULO
4. CLASIFICACIÓN DEL TERRENO
5. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es evaluar los posibles efectos que puede tener un acontecimiento sísmico excepcional sobre la obra a realizar, sirviendo de aproximación a los cálculos reales que deberán realizarse en el proyecto constructivo.

2. NORMATIVA

Se recurre a la norma NSCE-02, editada por el Ministerio de Fomento. A efectos de esta norma, de acuerdo con el uso al que se destinan, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra que se trate, las construcciones se clasifican en:

- De importancia moderada:
Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños significativos a terceros.
- De importancia normal:
Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni dar lugar a efectos catastróficos.
- De importancia especial:
Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen:
 - Hospitales, centros o instalaciones sanitarias de cierta importancia.
 - Edificios e instalaciones básicas de comunicaciones, radio, televisión, centrales telefónicas y telegráficas.
 - Edificios para centros de organización y coordinación de funciones para casos de desastre.
 - Edificios para personal y equipos de ayuda, como cuarteles de bomberos, policía, fuerzas armadas y parques de maquinaria y ambulancias.
 - Las construcciones para instalaciones básicas de las poblaciones como depósitos de agua, gas, combustibles, estaciones de bombeo, redes de distribución, centrales eléctricas y centros de transformación.
 - Las estructuras pertenecientes a vías de comunicación tales como puentes, muros, etc. que estén clasificadas como de importancia especial en las normativas o disposiciones específicas de puentes de carretera y de ferrocarril.
 - Edificios e instalaciones vitales de los medios de transporte en las estaciones de ferrocarril, aeropuertos y puertos.
 - Edificios e instalaciones industriales incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
 - Las grandes construcciones de ingeniería civil como centrales nucleares o térmicas, grandes presas y aquellas presas que, en función del riesgo potencial que puede derivarse de su posible rotura o de su funcionamiento incorrecto, estén clasificadas en las categorías A o B del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses vigente.

- Las construcciones catalogadas como monumentos históricos o artísticos, o bien de interés cultural o similar, por los Órganos competentes de las Administraciones públicas.

- Las construcciones destinadas a espectáculos públicos y las grandes superficies comerciales, en las que se prevea una ocupación masiva de personas.

Teniendo estos factores en cuenta, nuestra obra se encuadra en una obra de “importancia normal”

La Norma establece que su aplicación es obligatoria en los casos especificados en el apartado anterior a excepción de

- Construcciones de importancia moderada
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica sea menor de 0.04 g siendo d la aceleración de la gravedad, cuando la aceleración sísmica se encuentre entre 0,04g y 0,08 g deberán tenerse en cuenta los efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

3. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La aceleración sísmica de cálculo, a_c , se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

a_c : Aceleración sísmica

ρ : coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. Toma los siguientes valores:

- Construcciones de importancia normal $\rho=1,0$
- Construcciones de importancia especial $\rho=1,3$

S : Coeficiente de amplificación del terreno



este terreno debemos de tener en cuenta el estudio sísmico en el caso de que nuestro suelo sea inestable. Tal y como se vio en el anejo de “Geología y Geotecnia” nos encontramos en un terreno con una adecuada capacidad portante, por lo tanto no será necesario realizar comprobaciones sísmicas.

4. CLASIFICACIÓN DEL TERRENO

En esta norma los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- Terreno tipo I: roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla: $V_s > 750$ m/s
- Terreno tipo II: roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla: $750 \text{ m/s} \geq V_s > 400$ m/s
- Terreno tipo III: suelos granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla: $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200$ m/s
- Terreno tipo IV: suelo granular suelto, o suelo granular blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla: $V_s \leq 200$ m/s

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente C indicado en la siguiente tabla:

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

5. CONCLUSIONES

Como dijimos anteriormente nuestra obra está encuadrada en una obra de “importancia normal”, nuestra zona de estudio se encuentra en el mapa sísmico en la zona de $a_c = 0.04g$ (siendo g la aceleración de la gravedad) en

INDICE ANEJO Nº07: HIDROLOGÍA Y DRENAJE

APENDICE 01: PLANO DE CUENCAS

1. INTRODUCCIÓN

2. HIDROLOGÍA

- a) Método de Cálculo (Método Racional)
- b) Pluviometría
- c) Intensidad de precipitación
- d) Tiempo de concentración

3. DRENAJE

- a) Drenaje Longitudinal
- b) Drenaje Transversal
- c) Calculo del drenaje transversal
 - c.1) Régimen critico
 - c.2) Altura de agua a la entrada con control a la entrada
 - c.3) Altura de agua a la entrada con control a la salida
 - c.4) Aterramientos
 - c.5) Cálculo de las erosiones de las obras de drenaje transversal

que escurre superficialmente. En las cuencas grandes estos métodos pierden precisión y, por tanto, la estimación de los caudales es menos exacta.

La frontera entre cuencas grandes y pequeñas, a efectos de la *Instrucción 5.2-I.C. de Drenaje Superficial* corresponde aproximadamente a un tiempo de concentración igual a seis horas.

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de una obra lineal interrumpe la red de drenaje natural del terreno. El presente Anejo incluye el análisis de la hidrología y drenaje en la zona de actuación del nuevo trazado de Alta Velocidad.

La acumulación de agua sobre las distintas capas que conforman la superestructura del ferrocarril puede producir el reblandecimiento de ésta y su posterior deterioro, obligando en el futuro a realizar costosas reparaciones. Por lo tanto, debe considerarse el drenaje como una parte esencial que puede llegar incluso a influir en el trazado de la nueva línea.

Estas obras corresponden a dos tipos de drenaje diferentes: Obras de drenaje longitudinal y obras de drenaje transversal. El objetivo del drenaje longitudinal es el desagüe del agua que cae sobre la plataforma, pretendiendo evitar infiltraciones que pudiesen comprometer la estabilidad de la misma.

El objetivo principal del drenaje transversal es el de restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno, permitiendo su paso bajo la superestructura. También se aprovechan las obras de drenaje transversal para desaguar agua de la plataforma y sus márgenes.

Para llevar a cabo el diseño de dichas obras se empleará la *Instrucción 5.2-I.C. Drenaje Superficial* del Ministerio de Fomento. También se han tenido en cuenta las *IGP 2.011 v-2, Instrucciones y Recomendaciones para Redacción de Proyectos de Plataforma*.

2. HIDROLOGÍA

Para entender los cálculos realizados es fundamental tener claro el concepto de periodo de retorno. La selección del caudal de referencia para el que debe proyectarse un elemento de drenaje superficial está relacionada con la frecuencia de su aparición, que se puede definir por su periodo de retorno: Cuanto mayor es éste, mayor será su caudal.

El periodo de retorno de un caudal es X cuando, como media, es superado una vez cada X años. La *Instrucción* recomienda adoptar periodos de retorno para obras de drenaje transversal no inferiores a cien años y para obras de drenaje longitudinal no inferiores a diez años.

Para el cálculo de los caudales a desaguar por las obras de drenaje transversal y longitudinal se va a emplear el *Método Hidrometeorológico racional* propuesto por la *Instrucción 5.2-I.C.*

Para cuencas pequeñas son apropiados este tipo de métodos basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de la estimación de su escorrentía. Esto equivale a admitir que la única componente de esta precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la

a) Método de Cálculo (Método Racional)

Para emplear este método es necesario determinar las superficies de las cuencas y subcuencas que vierten sobre el eje de nuestro proyecto y después proceder al cálculo de los caudales de cada una de ellas.

La traza de la línea de ferrocarril atraviesa una zona hidrológica moderada formada principalmente por la presencia de arroyos y pequeños riachuelos cuyas cuencas hidrográficas son de tamaño medio/bajo.

El caudal de referencia Q en el punto en el que desagüe una cuenca o superficie se obtendrá mediante la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{C * I * A}{K}$$

- C es el coeficiente de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.
- A es el área de la cuenca, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, tales como sumideros o resurgencias en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse debidamente.
- I es la intensidad media de precipitación para el periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- K es un coeficiente que depende de las unidades en las que se expresen Q y A , y que incluye un aumento del 20% del caudal para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación.

Es necesario calcular el coeficiente de escorrentía, el cual, define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I y depende de la razón entre la precipitación diaria P_d correspondiente al periodo de retorno y el umbral de escorrentía P_o a partir del cual se inicia ésta.

Si la razón P_d / P_o fuera inferior a la unidad, el coeficiente C podrá considerarse nulo. En caso contrario, su valor podrá obtenerse mediante la siguiente fórmula:



$$C = \frac{\left(\frac{P_d}{P_0} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d}{P_0} + 11\right)^2}$$

El umbral de escorrentía depende de la pendiente y del uso de la tierra, las características hidrológicas de la cuenca y el tipo de suelo de la misma:

TABLA 2-1
ESTIMACION INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA P_0 (mm)

Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	≥ 3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	< 3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hileras	≥ 3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	< 3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥ 3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12

Nota: N: denota cultivo según las curvas de nivel.
R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

TABLA 2-2
CLASIFICACION DE SUELOS A EFECTOS DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.



TABLA 2-1 (Continuación)

ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_o (mm)

Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características hidrologicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Medio	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
	< 3	Muy buena	*	41	22	15
		Pobre	58	25	12	7
		Medio	*	35	17	10
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Medio	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	< 3	Pobre	*	34	19	14
		Medio	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, Monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Medio	*	34	22	16
		Espera	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

Notas: 1. N: desde cultivo según las curvas de nivel.
R: desde cultivo según la línea de máxima pendiente.
2. *: desde que esa parte de cuenta debe considerarse respecto a efectos de cálculo de caudales de puentes.
3. Las zonas afectadas se incluyen entre las de pendiente menor del 3 por 100.

Tipo de terreno	Pendiente (%)	Umbral de escorrentía (mm)
Rocas permeables	≥ 3	3
Rocas permeables	< 3	5
Rocas impermeables	≥ 3	2
Rocas impermeables	< 3	4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adquirados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

En nuestro caso podemos considerar que un 20% del terreno es de masas forestales medias, con suelos del grupo C, por lo que el umbral de escorrentía sin corregir será de 22 milímetros y el 80% restante se corresponde con zonas dedicadas a cultivos y prados, pudiéndose considerar para ellos el umbral de escorrentía sin corregir correspondiente a cultivos en hilera con pendiente mayor del 3%, que es de 8 milímetros.

$$\text{Por lo tanto: } P_o' = (0,2 \cdot 22) + (0,8 \cdot 8) = \mathbf{10,80 \text{ milímetros}}$$

Este valor deberá ser afectado por un coeficiente corrector que depende de la región en que se encuentre nuestra zona de proyecto. En nuestro caso, al encontrarnos cerca de Lugo, tomaremos un valor aproximado de 1,9. Por tanto el umbral de escorrentía corregido es:

$$\mathbf{P_o = 20,52 \text{ milímetros}}$$



Figura 1: Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

Dado que la relación P_d / P_o es superior a la unidad en ambos periodos de retorno, podemos calcular el coeficiente de escorrentía mediante la primera fórmula expuesta al comienzo de este mismo apartado.

b) Pluviometría

Como base para futuros dimensionamientos de estructuras de drenaje se efectuará un cálculo de precipitaciones esperadas para determinados periodos de retorno.

Se tomará como origen la publicación “*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (1997)*” del Ministerio de Fomento. La precipitación máxima diaria asociada a un periodo de retorno determinado se calcula como el producto de la media de la máxima precipitación diaria anual por un coeficiente de amplificación.

La media de la máxima precipitación diaria anual en milímetros se obtiene del siguiente mapa que clasifica España en zonas climáticas homogéneas, y el cual indica un valor aproximado de 65 milímetros para la zona de proyecto:



El coeficiente de variación C_v se obtiene del siguiente mapa el cual muestra un valor aproximado de 0,35 para el área de Galicia:



Sabiendo el valor exacto del coeficiente de variación podemos estimar valores de máximas lluvias diarias en Galicia a través de la siguiente tabla:

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.295	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.440	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.260	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.558	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_T de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

P_0	Periodo de retorno (años)	K_T	Precipitación máxima diaria (mm)
65 mm	2	0,919	59,73
	5	1,225	79,62
	10	1,446	93,99
	25	1,747	113,55
	50	1,991	129,41
	100	2,251	146,31
	200	2,525	164,12
	500	2,892	1987,98



Por último es necesario calcular la intensidad de precipitación y el tiempo de concentración:

c) Intensidad de precipitación

La intensidad media I (mm/h) de precipitación la obtendremos a partir de la siguiente fórmula:

$$I = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

- I_d (mm/h) es la intensidad media diaria de precipitación para el periodo de retorno considerado. Su valor es igual a $P_d / 24$.
- P_d (mm) es la precipitación total diaria correspondiente a dicho periodo de retorno.
- I_1 es la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno. El valor de la razón I_1 / I_d se obtiene del *Mapa de Isolíneas* que se muestra a continuación. En nuestro caso, dicho valor es ocho.
- T_c (h) es el tiempo de concentración (Duración del intervalo I).



Figura 2: Mapa de isótopos I_1/I_4

d) Tiempo de concentración

Se define como el tiempo que tarda en llegar a una sección de estudio una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca.

En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de la precipitación se podrá deducir con la siguiente fórmula:

$$T_c = 0.3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.78}$$

Donde:

- L (km) es la longitud del cauce principal.
- J (m/m) es la pendiente media del cauce principal. Una aproximación fiable es la relación Z / L , siendo Z el desnivel máximo entre los puntos más alto y más bajo de la cuenca.

Resulta un tiempo de concentración: **$T_c = 0.61$ horas**

3. DRENAJE

La Instrucción 5.2-IC. *Drenaje Superficial* recomienda adoptar periodos de retorno para las obras de drenaje longitudinal no inferiores a diez años y para las obras de drenaje transversal no inferiores a cien años.

a) Drenaje longitudinal

La función del drenaje longitudinal es recoger la escorrentía superficial procedente de la plataforma conduciendo así dichos caudales hasta el punto de desagüe más próximo.

El drenaje longitudinal está formado por los siguientes elementos con sus respectivas funciones:

- **Cunetas de pie de desmonte:** Recogen la escorrentía procedente de la plataforma y de las subcuencas adyacentes al ferrocarril en zona de desmonte que no desaguan mediante las obras de drenaje transversal.
- **Cunetas de guarda en desmonte:** Son cunetas situadas en la coronación de los desmontes, cuya misión consiste en que la escorrentía procedente de las subcuencas de desmonte no baje directamente por el talud y pueda comprometer su estabilidad. Deben revestirse para evitar infiltraciones.
- **Cunetas de pie de terraplén:** Son cunetas situadas en los pies de los terraplenes y su misión es recoger la escorrentía procedente de las subcuencas de terraplén con el objeto de evitar que se infiltre en los cuerpos de relleno pudiendo ocasionar problemas de estabilidad.
- **Cunetas de coronación de terraplén:** Recogen las aguas de escorrentía procedentes de la plataforma en zonas de relleno. Las constituyen caces de coronación de terraplén.
- **Bajantes de terraplén y desmonte:** Desaguan el agua procedente de las cunetas de guarda en desmonte o de los caces de coronación de terraplén a las cunetas de pie de desmonte o terraplén.

- **Colectores:** Se proyectan tubos que recogen las aguas procedentes de las cunetas de pie de desmonte. Conformarán una red subterránea que tendrá como fin evacuar las aguas de las zonas de desmonte.
- **Arquetas de registro:** Se dispondrán las arquetas necesarias para poder asegurar la inspección y conservación de los dispositivos enterrados de desagüe, debiendo permitir su fácil limpieza.

a.1) Dimensionamiento

El dimensionamiento de cunetas de pie de desmonte tendrá en cuenta únicamente aquella precipitación caída sobre la plataforma, asumiendo que aquella caída en el entorno será retenida o infiltrada por el terreno. Dado el elevado número de taludes verticales tampoco se tiene en cuenta aquella precipitación caída sobre desmontes que viertan a la plataforma.

Pese a que los cálculos de drenaje podrían realizarse con la precipitación para un periodo de retorno de diez años, se tomará el valor de veinticinco años con el fin de paliar los posibles efectos de la simplificación anterior. Además, se tendrá en cuenta la no uniformidad de las precipitaciones, asumiendo que el 20% de la precipitación diaria para un periodo de retorno de veinticinco años se concentra en dos horas.

De esta manera, la intensidad de precipitación de diseño será de 11,35 mm/h. El cálculo del drenaje longitudinal se realizará cumpliendo las siguientes hipótesis:

- Bombeo de la plataforma mínimo hacia los laterales de 0,5% desde el centro de la misma.
- La velocidad del agua debe ser superior a 0,25 m/s e inferior a 4,5 m/s por ser cunetas revestidas de hormigón.
- Misma pendiente longitudinal que la plataforma.
- Sumideros cada 250 metros, funcionando correctamente el 50%.
- Cuneta trapezoidal de ancho base 0,5 metros y alto H.
- Caudal a desaguar de 0,015 m³ /s.
- Pendiente mínima de cálculo de 5 mm.
- Pendiente máxima de cálculo de 15 mm.
- Cálculos por medio de la fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = V * S = S * R^{2/3} * J^{1/2} * K * U$$

Donde:

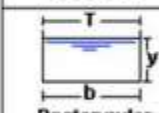
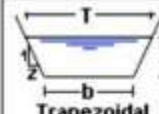
- Q es el caudal desaguado.
- V es la velocidad media de la corriente.
- R es el radio hidráulico, obtenido del cociente entre el área de la sección (S) y el perímetro mojado (P).

• J es la pendiente de la línea de energía, que en el caso de que el régimen se considere uniforme equivale a la pendiente del terreno.

• K es el coeficiente de rugosidad, que según la Tabla 4.1 de la Instrucción 5.2-I.C. es 50 para revestido de hormigón.

• U es un coeficiente de conversión que depende de las unidades de Q , S , y R , dado en la Tabla 4.2 de la Instrucción 5.2-I.C. Trabajando con caudales en metros cúbicos por segundo, áreas en metros cuadrados y radios hidráulicos en metros, el coeficiente U es igual a uno.

Para la sección trapezoidal propuesta, los valores de área, perímetro mojado y radio hidráulico son los siguientes:

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$

$$S = (0,5 + 2 * H) * H$$

$$P = 0,5 + 2 * H * \sqrt{5}$$

$$R = \frac{(0,5+2*H)*H}{0,5+2*H*\sqrt{5}}$$

Los resultados obtenidos aplicando todas las hipótesis anteriores se reflejan en la tabla siguiente:

H (m)	S (m ²)	P (m)	J mín	J máx	R (m)	Q mín	Q máx	V mín	V máx
0,10	0,070	0,947	0,005	0,015	0,074	0,0436	0,0755	0,623	1,078
0,15	0,120	1,171	0,005	0,015	0,102	0,0929	0,1609	0,774	1,341
0,20	0,180	1,394	0,005	0,015	0,129	0,1625	0,2815	0,903	1,564
0,25	0,250	1,618	0,005	0,015	0,155	0,2545	0,4408	1,018	1,763
0,30	0,330	1,842	0,005	0,015	0,179	0,3708	0,6423	1,124	1,946
0,35	0,420	2,065	0,005	0,015	0,203	0,5135	0,8894	1,223	2,118
0,40	0,520	2,289	0,005	0,015	0,227	0,6845	1,1856	1,316	2,280
0,45	0,630	2,512	0,005	0,015	0,251	0,8857	1,5341	1,406	2,435
0,50	0,750	2,736	0,005	0,015	0,274	1,1189	1,9381	1,492	2,584
0,55	0,880	2,960	0,005	0,015	0,297	1,3860	2,4006	1,575	2,728
0,60	1,020	3,183	0,005	0,015	0,320	1,6886	2,9248	1,656	2,867

El resultado es por tanto una cuneta trapezoidal de ancho base 0,50 metros y altura 0,20 metros con pendientes interna y externa 1H:2V revestidas con una capa base de 10 centímetros de hormigón a cada lado de la plataforma para evitar la erosión.

b) Drenaje Transversal

El objetivo principal del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno, permitiendo su paso bajo la línea de ferrocarril. También se aprovechan las obras de drenaje transversal para desaguar el drenaje de la plataforma y sus márgenes.

Este tipo de obras deben perturbar lo menos posible la circulación del agua del cauce natural. Para la proyección y cálculo de éstas se tendrán en cuenta, principalmente el caudal a desaguar total, la velocidad máxima y la cota máxima de la lámina de agua.

Para el diseño de las obras de drenaje transversal se utiliza la *Instrucción 5.2-I.C.*, la cual recomienda un periodo de retorno mínimo de cien años.

En nuestra área de estudio las únicas zonas susceptibles de necesitar dicho tipo de obras se resuelven con viaductos debido al carácter del cauce fluvial y el perfil del terreno a excepción de un conjunto de seis obras de drenaje transversal (O.D.T.) localizadas en los P.K 0+400 / 3+450 / 6+300 / 10+550

Debido al carácter de anteproyecto de este estudio, se predimensionará el perfil necesario para la obra transversal, indicando la metodología de cálculo. Se tendrá en cuenta para su futuro dimensionamiento limitar la velocidad de salida del agua a 6 m/s para evitar así pendientes excesivas (en torno al 8% máximo).

c) Cálculo del drenaje transversal

Una obra de desagüe trata de evitar que una nueva construcción obstaculice un cauce de agua, remansándola, y alcanzando alturas que puedan dañar a la propia construcción, o a las propiedades colindantes. Es pues muy importante, relacionar la altura de agua ante la entrada del desagüe, con el caudal de descarga. La relación depende del modo de funcionamiento del desagüe.

Para saber cómo opera éste, pueden considerarse dos clasificaciones principales: *Sección llena a la salida y sección parcialmente llena a la salida*. Una obra de desagüe cae en el primer grupo si su pendiente no es menor que la pérdida de carga por rozamiento, y si la boca de salida es sumergida por la elevación del nivel del cauce aguas abajo. Si esta profundidad es menor que la altura del conducto en la salida, y la pendiente de éste es igual o mayor que la pérdida de carga por rozamiento, el conducto no fluirá lleno.

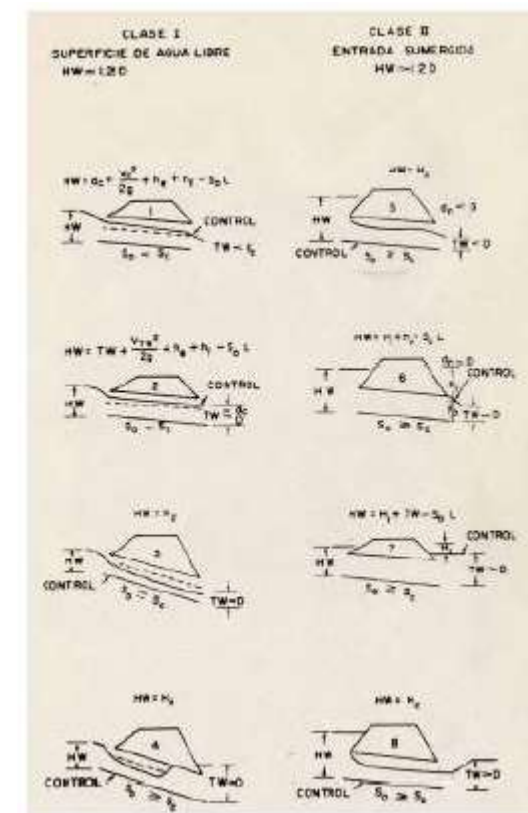
A causa de las bajas velocidades en la mayor parte de los remansos en la entrada de las obras de drenaje transversal, y a la dificultad de determinarlas, la superficie del agua y la línea de energía, antes de la entrada, se suponen coincidentes. Cuando la boca de entrada es sumergida por el agua, un método conveniente para determinar si el conducto fluye lleno, o parcialmente lleno, es encontrar la situación de la sección de control.

Esta sección representa el punto crítico del sistema, puesto que las características del flujo principal se determinan por él, y por su situación. Siempre que el control esté a la entrada, la relación de la altura de agua en ella al caudal, es independiente del rozamiento, longitud, y condiciones de salida del conducto.

Las condiciones de funcionamiento se pueden dividir en dos clase, con ocho tipos, que se esquematizan en la figura adjunta y extraídas de “*Obras pequeñas de paso. Dimensionamiento hidráulico*”, Ministerio de Obras Públicas 1971.

La primera clase corresponde a aquellas en las que el conducto fluye con superficie de agua libre en la sección de control, y la entrada no se encuentra sumergida ($HW \leq 1,2 \cdot D$). (Tipos 1 a 4).

La segunda clase está formada por aquellas en las que el conducto fluye con entrada sumergida ($HW > 1,2 \cdot D$) (Tipos 5 a 8).



Para el cálculo de las obras de drenaje transversal se utiliza el método de la *Instrucción 5.2.-IC*. asimilando los pórticos utilizados a secciones rectangulares.

Para determinar si el conducto fluye lleno o parcialmente lleno es necesario encontrar la situación de la sección de control. Esta sección representa el punto crítico del sistema y las características del flujo principal se determinaran por él y por su situación, pudiendo estar a la entrada o a la salida.

c.1) Régimen critico

El calado crítico es aquel para el cual el número de Froud es igual a la unidad. La velocidad crítica del conducto es:

$$F_r = \frac{Q}{A * \sqrt{g * \frac{A}{B}}}$$



Donde:

- Q es el caudal medido en m^3 / s .
- \mathcal{A} es el área de flujo medida en m^2 .
- g es la aceleración de la gravedad medida en m / s^2 .
- \mathcal{B} es la anchura de la lámina libre medida en metros.

La pendiente crítica la obtenemos de la fórmula de Manning/Strickler:

$$v_c = \frac{1}{N} * R^{2/3} * J_c^{1/2}$$

$$J_c = \left(\frac{v_c * N}{R^{2/3}} \right)^2$$

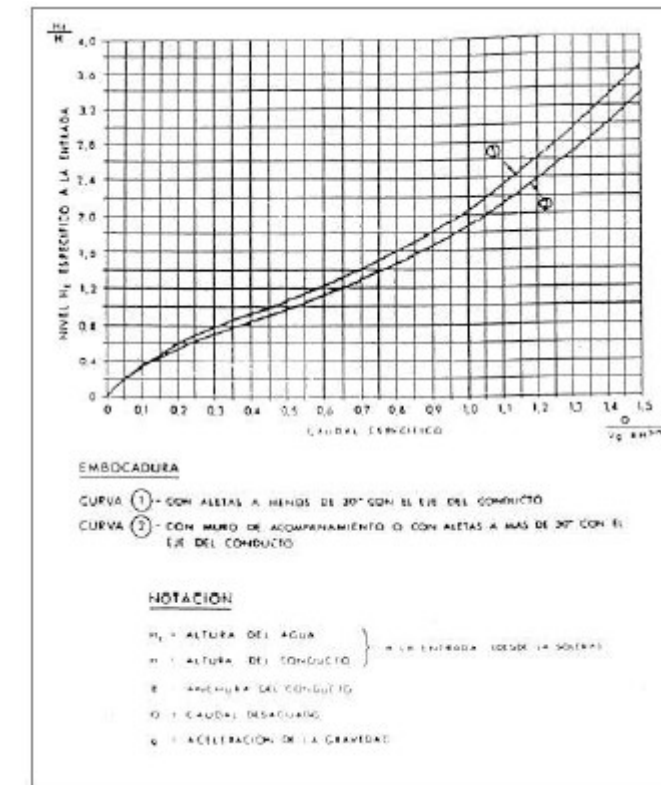
Donde:

- v_c es la velocidad crítica en m / s .
- R es el radio hidráulico en metros.
- N es el coeficiente de Manning.
- J_c es la pendiente crítica en m / m .

Dependiendo de las condiciones del material de la obra de drenaje transversal se adoptará un coeficiente de rugosidad N u otro.

c.2) Altura de agua a la entrada con control a la entrada

Para calcular la altura de agua en este tipo de control se utiliza el siguiente gráfico de la figura 5.9 de la Instrucción 5.2-I.C. Entrando con el caudal específico ($Q/\sqrt{g D5/2}$) obtenemos el nivel (H_w) específico a la entrada:



c.3) Altura de agua a la entrada con control a la salida

Según la citada *Instrucción 5.2-IC*, si no se cumplen todas las condiciones para considerar control a la entrada, será preciso calcular el valor mínimo del nivel del agua a la entrada exigido por el posible control de salida, adoptándolo como definitivo si fuera mayor que el correspondiente al control de entrada.

Para ello será preciso en algunos casos recurrir al análisis de las curvas de remanso; pero para la mayoría de los casos se podrá aceptar el valor aproximado dado por la siguiente fórmula:

$$H_s = \frac{v^2}{2 * g} * \left(1 + K_e + \frac{2 * g * L * N^2}{R^{4/3}} \right) - L * J - \mu$$

Donde:

- L es la longitud del conducto en metros.
- J es la pendiente del conducto en m / m .
- v es la velocidad media a sección llena.
- R es el radio hidráulico a sección llena.
- g es la aceleración de la gravedad en m / s^2 .
- N es el coeficiente de rugosidad de Manning.

- K_e es el coeficiente de pérdida de carga en la embocadura, dado por la *Tabla 5.2* de la citada *Instrucción*.
- μ es el mayor de los dos valores siguientes:

1. La diferencia del nivel del agua en el cauce a la salida del conducto, con la cota de la solera de esta.

2. La semisuma del calado crítico \mathcal{Y}_c del conducto y la altura de éste \mathcal{H} . Si del cálculo resultante $\mathcal{Y}_c > \mathcal{H}$ se tomará igual a \mathcal{H} .

c.4) Aterramientos

Analizados los riesgos de aterramientos en las obras de drenaje transversal proyectadas, se indica lo siguiente:

1. El trazado en planta de las obras de drenaje transversal se ha proyectado teniendo en cuenta que su salida se asienta sobre terreno natural evitando zonas inestables.
2. Las pendientes proyectadas en los conductos son lo suficientemente elevadas para que no se produzcan aterramientos en su interior.
3. Deberá cuidarse el acabado de las obras, debiendo prestarse atención a las aportaciones adicionales durante la construcción de las mismas y la fase inmediatamente siguiente a ella, ya que los aterramientos suelen agravarse por aportaciones adicionales (taludes, escombros, etc.).

c.5) Cálculo de las erosiones de las obras de drenaje transversal

1. EROSIÓN EVOLUTIVA DEL CAUCE: Como se ha indicado anteriormente, la situación tanto en planta como en alzado de las obras de drenaje proyectadas mantiene coincidentes en la mayoría de los casos la pendiente y la orientación en planta del cauce natural, al que dan continuidad. La solera de los pódicos se recubre de una capa de hormigón para evitar su erosión, así como las transiciones entre obras de drenaje transversal contiguas.

2. EROSIÓN LOCALIZADA: Este tipo de erosión se puede producir localmente a la salida de la obra de drenaje debido a la mayor concentración y energía cinética de la corriente, pudiendo llegar a provocar su descalce.

Para estimar la existencia de erosión se considerará los siguientes niveles:

- Alto, si se excediera del límite δ dado por la figura 5.19 de la Instrucción 5.2-I.C.
- Medio, si estuviera comprendido entre δ y $\delta/2$.
- Bajo, si fuera inferior a $\delta/2$.

Para estimar las máximas erosiones previsibles se podrán considerar las siguientes fórmulas adimensionales, muy conservadoras en general:

- Para tubos:

$$\frac{e}{D} = 2 * \left(\frac{Q}{\sqrt{g * D^{5/2}}} \right)^{3/8}$$

- Para marcos rectangulares:

$$\frac{e}{D} = 3 * \exp\left(\frac{-\mathcal{H}}{3 * B}\right)^{3/8} * \left(\frac{Q}{\sqrt{g * B * \mathcal{H}^{3/2}}} \right)^{3/8}$$

Siendo:

- e es la erosión máxima previsible.
- Q es el caudal medido en m³ / s.
- g es la aceleración de la gravedad en m / s².
- D es el diámetro del tubo en metros.
- \mathcal{H} es la altura del conducto rectangular.
- B es la anchura del conducto rectangular

d) Pre dimensionamiento de las obras de drenaje transversal

A continuación se muestra la tipología correspondiente para las obras de drenaje transversal del trazado de Alta Velocidad. En todos los casos se va a disponer de una solera de hormigón que reciba el impacto directo de la corriente, con una longitud mínima de 1,2*espesor y rematada por un rastrillo vertical con una profundidad mínima de 0,25*espesor para evitar el aterramiento y erosiones de la O.D.T.



O.D.T.01

SITUACIÓN O.D.T.01	P.K.	-	0+400
	ESVIAJE	(g)	-
GEOMETRÍA O.D.T.01	TIPO	-	Tubo HA con aletas
	NUMERO	-	1,00
	DIMENSIÓN	(m)	ø2,00
	J	(%)	0,036
	L	(m)	22,66

CARACTERÍSTICAS CUENCA HIDROGRÁFICA

Coeficiente de escorrentía	T=100	(mm)	0,56
	T=500	(mm)	0,98
Intensidad de precipitación	T=100	(mm/h)	43,16
	T=500	(mm/h)	112,77
Tiempo de Concentración	T _c	(h)	1,04
Area de la cuenca	A	(km ²)	0,35

CAUDALES CUENCA HIDROGRÁFICA

CAUDALES CUENCA	T=100 años	(m ³ /s)	2,62
	T=500 años	(m ³ /s)	5,60

O.D.T.02

SITUACIÓN O.D.T.02	P.K.	-	3+450
	ESVIAJE	(g)	-
GEOMETRÍA O.D.T.02	TIPO	-	Marco/Pórtico/Bóveda HA con aletas
	NUMERO	-	1,00
	DIMENSIÓN	(m)	2,00H // 6,00B
	J	(%)	0,032
	L	(m)	49,45

CARACTERÍSTICAS CUENCA HIDROGRÁFICA

Coeficiente de escorrentía	T=100	(mm)	0,56
	T=500	(mm)	0,98
Intensidad de precipitación	T=100	(mm/h)	35,69
	T=500	(mm/h)	124,58
Tiempo de Concentración	T _c	(h)	0,92
Area de la cuenca	A	(km ²)	0,42

CAUDALES CUENCA HIDROGRÁFICA

CAUDALES CUENCA	T=100 años	(m ³ /s)	2,33
	T=500 años	(m ³ /s)	14,24

O.D.T.03

SITUACIÓN O.D.T.03	P.K.	-	7+300
	ESVIAJE	(g)	-
GEOMETRÍA O.D.T.03	TIPO	-	Marco/Pórtico/Bóveda HA con aletas
	NUMERO	-	1,00
	DIMENSIÓN	(m)	2,50H // 3,00B
	J	(%)	0,024
	L	(m)	57,42

CARACTERÍSTICAS CUENCA HIDROGRÁFICA

Coeficiente de escorrentía	T=100	(mm)	0,56
	T=500	(mm)	0,98
Intensidad de precipitación	T=100	(mm/h)	38,78
	T=500	(mm/h)	143,50
Tiempo de Concentración	T _c	(h)	0,61
Area de la cuenca	A	(km ²)	0,30

CAUDALES CUENCA HIDROGRÁFICA

CAUDALES CUENCA	T=100 años	(m ³ /s)	2,94
	T=500 años	(m ³ /s)	11,72

O.D.T.04

SITUACIÓN O.D.T.04	P.K.	-	8+500
	ESVIAJE	(g)	-
GEOMETRÍA O.D.T.04	TIPO	-	Tubo HA con aletas
	NUMERO	-	1,00
	DIMENSIÓN	(m)	ø2,00
	J	(%)	0,039
	L (m)		28,41

CARACTERÍSTICAS CUENCA HIDROGRÁFICA

Coeficiente de escorrentía	T=100	(mm)	0,56
	T=500	(mm)	0,98
Intensidad de precipitación	T=100	(mm/h)	44,56
	T=500	(mm/h)	192,77
Tiempo de Concentración	T _c	(h)	1,04
Area de la cuenca	A	(km ²)	0,65

CAUDALES CUENCA HIDROGRÁFICA

CAUDALES CUENCA	T=100 años	(m ³ /s)	2,02
	T=500 años	(m ³ /s)	6,20



O.D.T.05

SITUACION O.D.T.05	P.K.	-	9+900
	ESVIAJE	(g)	-
GEOMETRÍA O.D.T.05	TIPO	-	Marco/Pórtico/Bóveda HA con aletas
	NUMERO	-	1,00
	DIMENSIÓN	(m)	2,50H // 3,00B
	J	(%)	0,028
	L	(m)	59,48

CARACTERÍSTICAS CUENCA HIDROGRÁFICA

Coeficiente de escorrentía	T=100	(mm)	0,56
	T=500	(mm)	0,98
Intensidad de precipitación	T=100	(mm/h)	32,78
	T=500	(mm/h)	110,70
Tiempo de Concentración	T_c	(h)	0,61
Area de la cuenca	A	(km ²)	0,61

CAUDALES CUENCA HIDROGRÁFICA

CAUDALES CUENCA	T=100 años	(m ³ /s)	2,80
	T=500 años	(m ³ /s)	10,72

O.D.T.06

SITUACION O.D.T.06	P.K.	-	10+550
	ESVIAJE	(g)	-
GEOMETRÍA O.D.T.06	TIPO	-	Tubo HA con aletas
	NUMERO	-	1,00
	DIMENSIÓN	(m)	Ø2,20
	J	(%)	0,028
	L	(m)	26,84

CARACTERÍSTICAS CUENCA HIDROGRÁFICA

Coeficiente de escorrentía	T=100	(mm)	0,56
	T=500	(mm)	0,98
Intensidad de precipitación	T=100	(mm/h)	38,29
	T=500	(mm/h)	116,52
Tiempo de Concentración	T_c	(h)	1,06
Area de la cuenca	A	(km ²)	0,85

CAUDALES CUENCA HIDROGRÁFICA

CAUDALES CUENCA	T=100 años	(m ³ /s)	3,27
	T=500 años	(m ³ /s)	7,25



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



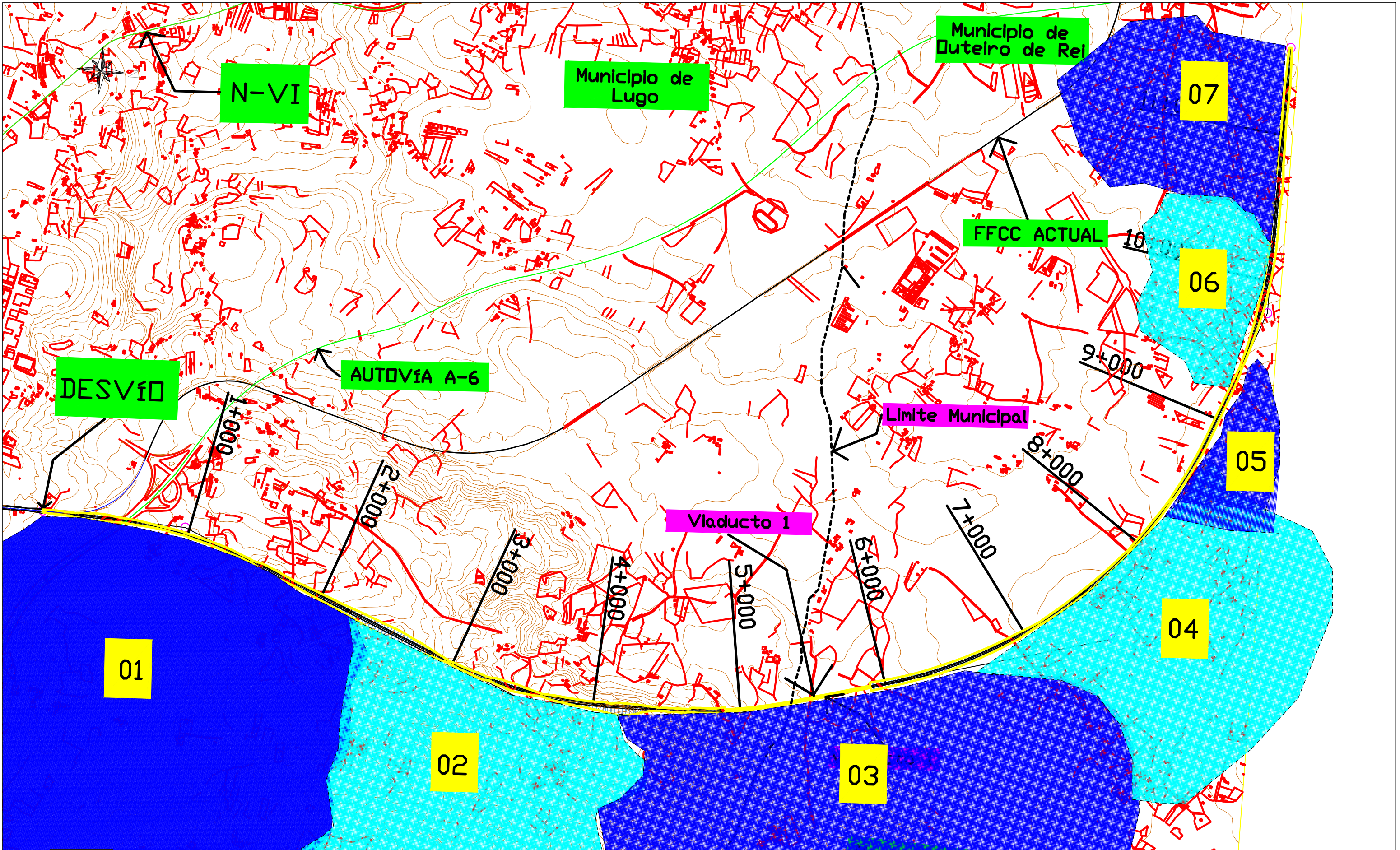
FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANEJO N°08: EXPROPIACIONES



INDICE ANEJO N°08: EXPROPIACIONES

1. INTRODUCCIÓN
2. TERMINOS MUNICIPALES AFECTADOS
3. AFECCIONES
4. PRESUPUESTO DE EXPROPIACIÓN

APÉNDICE 01: EXPROPIACIONES

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente anejo ha de servir de base de partida para la tramitación del expediente de expropiación de los bienes y derechos, en conformidad con la legislación vigente, por la ejecución de las obras contenidas en el anteproyecto de referencia. Por consiguiente, dicho anejo tiene la finalidad de definir, con toda la precisión posible, los terrenos que son estrictamente necesarios para la correcta ejecución de las obras contempladas en el mismo.

Para ello, se ha calculado la superficie total de los terrenos necesarios para la construcción de la alternativa elegida, aplicándose un precio medio por metro cuadrado expropiado. Se decide fijar un precio estándar por metro cuadrado para cada tipo de terreno, al ser su práctica totalidad terrenos rurales y no afectar a grandes superficies urbanizadas.

2. TERMINOS MUNICIPALES AFECTADOS

Los terrenos afectados por el presente anteproyecto pertenecen administrativamente a los municipios de Lugo y Outeiro de Rei todos de la provincia de Lugo, Comunidad Autónoma de Galicia.

El nuevo trazado de Alta Velocidad se inicia en el punto kilométrico 0+000 en la estación de ferrocarril de Lugo y tras un recorrido de 11.592 metros, finaliza en el punto kilométrico 11+592, a una distancia aproximada de dos kilómetros del pueblo de Outeiro de Rei.

3. AFECCIONES

TIPO DE OBRA PROYECTADA	RURAL / URBANIZADO
	EXPROPIACIÓN
Plataforma L.A.V.	8,00 metros desde arista exterior de la explanación.
Caminos de servicio y variantes	1,00 metro desde arista exterior de la explanación.
Líneas eléctricas aéreas (AT)	Arquetas de 10 x 10 metros.
Viaductos	8,00 metros desde la línea de proyección vertical del borde del viaducto sobre el terreno.

Se expropia el pleno dominio de las superficies que ocupen la explanación de la línea férrea, sus elementos funcionales y las instalaciones permanentes que tengan por objeto una correcta explotación, así como todos los elementos y obras anexas o complementarias definidas en el proyecto que coincidan con la rasante del terreno o sobresalgan de él, y en todo caso las superficies que sean imprescindibles para cumplimentar la normativa legal vigente para este tipo de obras, en especial las contenidas en la Ley 38/2015, del Sector Ferroviario, relativa a las limitaciones a la propiedad.

En proyectos de plataforma, en general y como mínimo, se ha situado la línea de expropiación a ocho metros de la arista exterior de la explanación, en aquellos terrenos que ostentan la calificación de suelo rural. En el suelo contiguo al ocupado por las líneas o infraestructuras ferroviarias y clasificadas como suelo urbano por el

correspondiente planeamiento urbanístico, las distancias para la protección de la infraestructura ferroviaria serán de cinco metros para la zona de dominio público y de ocho metros para la de protección, contados en todos los casos desde las aristas exteriores de explanación.

Dichas distancias podrán ser reducidas siempre que se acredite la necesidad de la reducción y no se ocasione perjuicio a la regularidad, conservación y el libre tránsito del ferrocarril sin que, en ningún caso, la correspondiente a la zona de dominio público pueda ser inferior a dos metros.

La expropiación de los terrenos resultantes de la aplicación de los criterios y parámetros anteriormente expuestos afecta a una superficie de 542.192,28 m², de los cuales 516.605,78 m² (90,31 %) corresponden a terrenos catalogados como suelo rural y 25.586,5 m² (9,61 %) como suelos urbanizados.

El desglose de las superficies objeto de expropiación en esta alternativa elegida se detalla, por municipios, en el siguiente cuadro de clases del suelo:

Municipio	Suelo Rural (m2)	Suelo Urbanizado (m2)	Total (m2)
Lugo	324285,31 m2	14639,25 m2	338.924,53 m2
Outeiro de Rei	192320,47 m2	10947,28 m2	203.267,75 m2
	TOTAL		542.192,28 m2

4. PRESUPUESTO DE EXPROPIACIÓN

Descripción	Precio unitario (€)	Medición	Coste (€)
Suelo Rural (m2)	5 €	516605,78 m2	2.583.028,90
Suelo Urbanizado (m2)	50 €	25586,5 m2	1.279.325
Edificaciones afectadas (Ud)	100.000,00 €	6	600.000
		TOTAL	4.462.353,90

El importe final para expropiaciones asciende a un total de CUATRO MILLONES CUATROCIENTOS SESENTA Y DOS MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

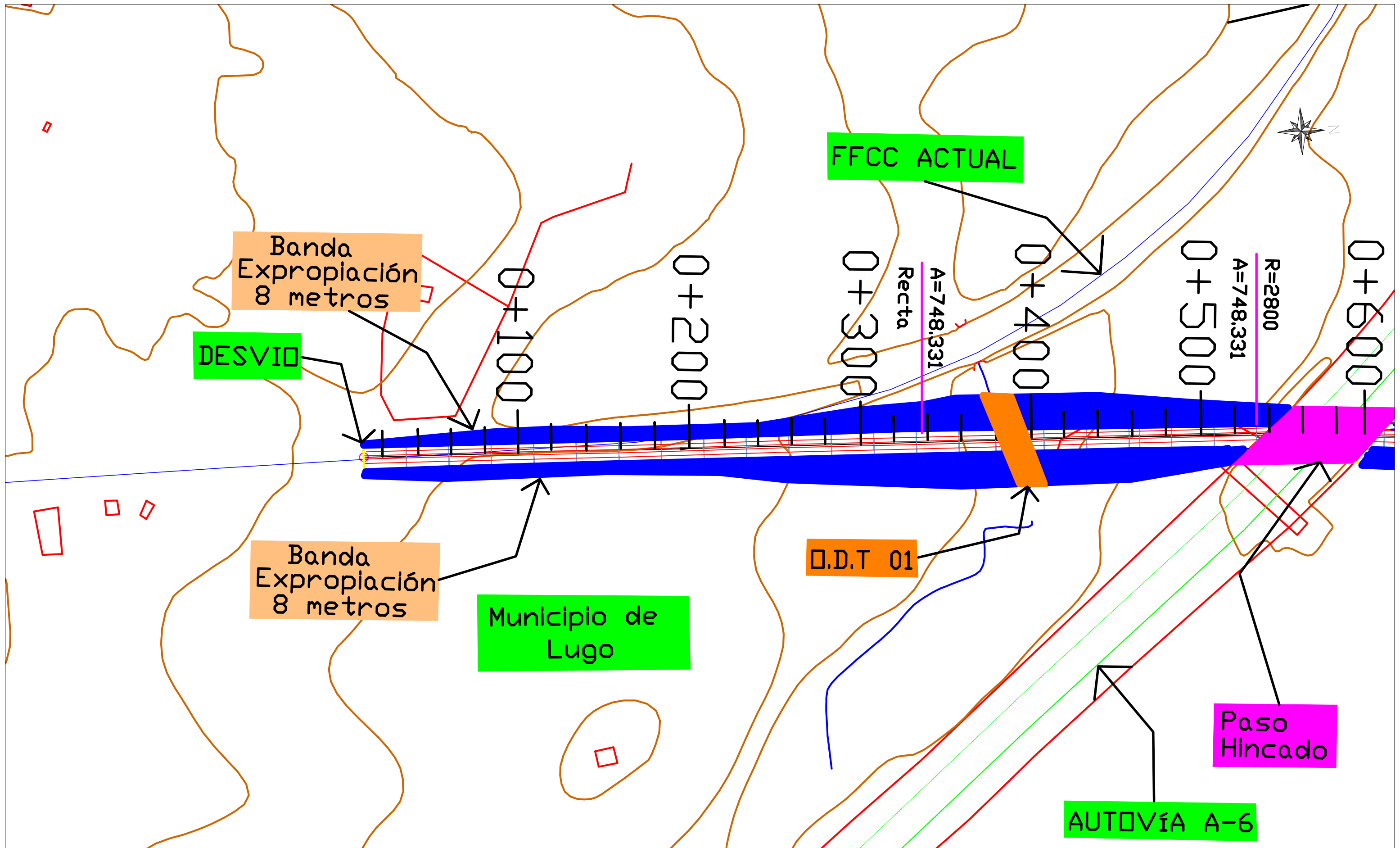
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

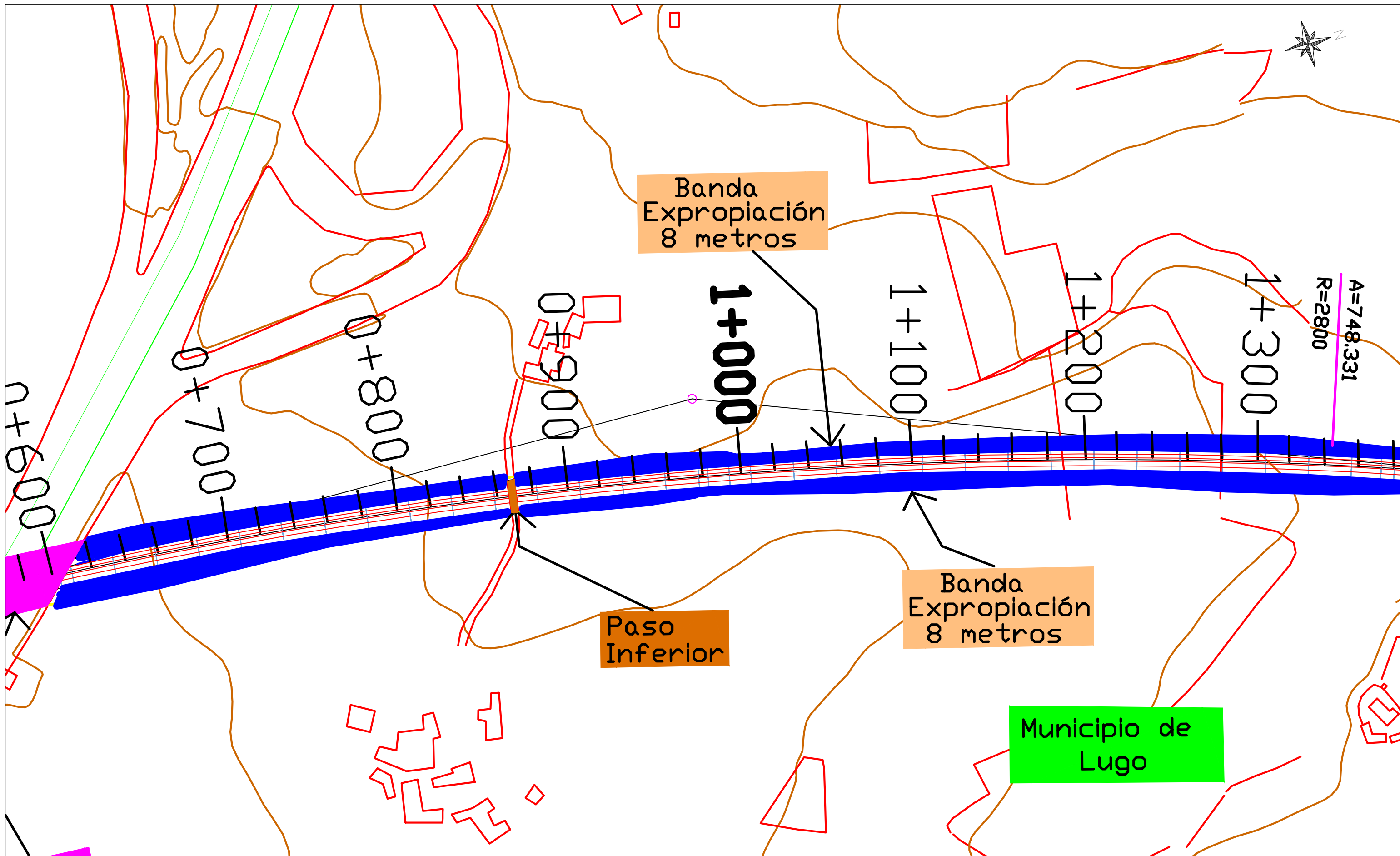
Iván Benavides Cabezas



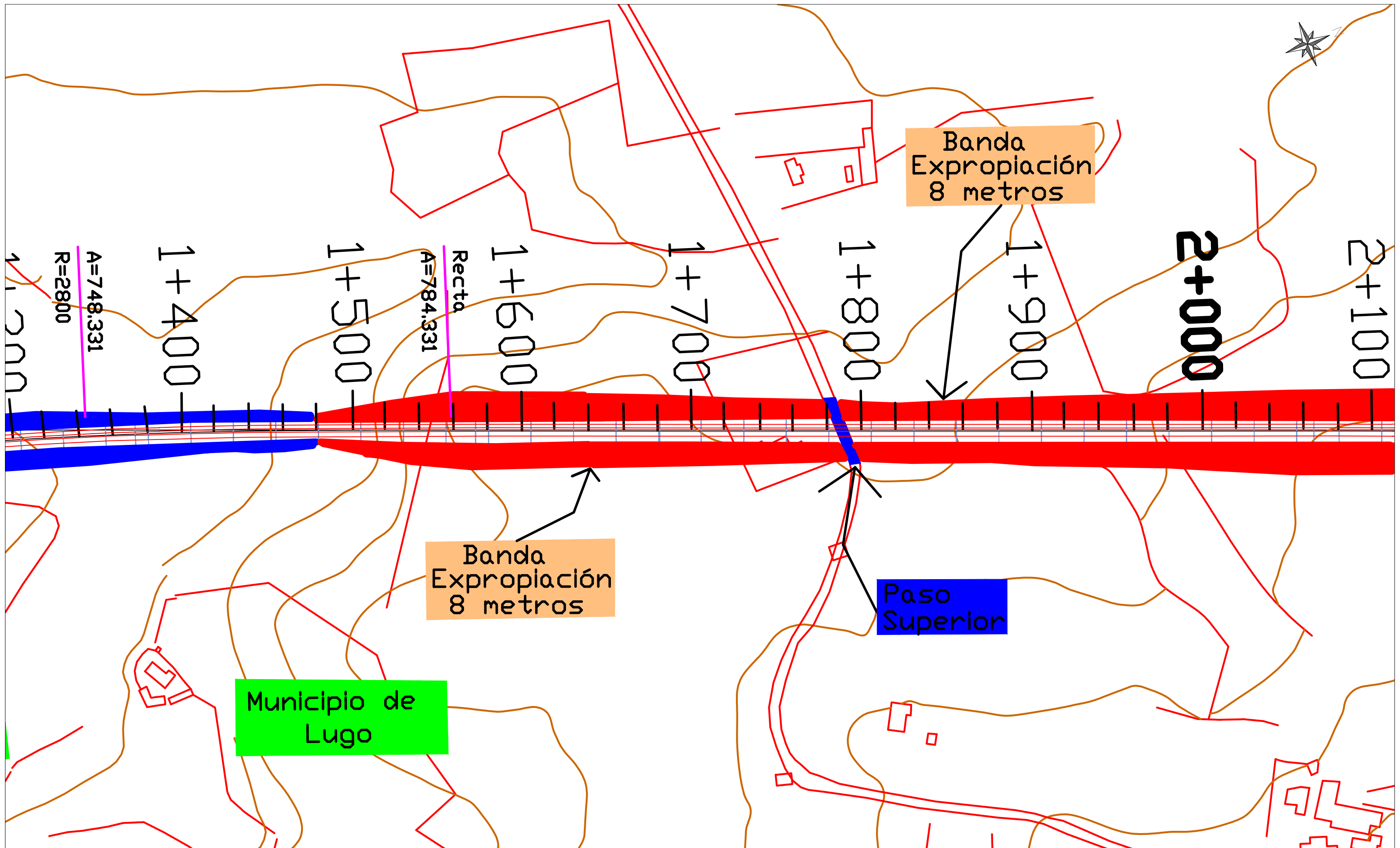
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

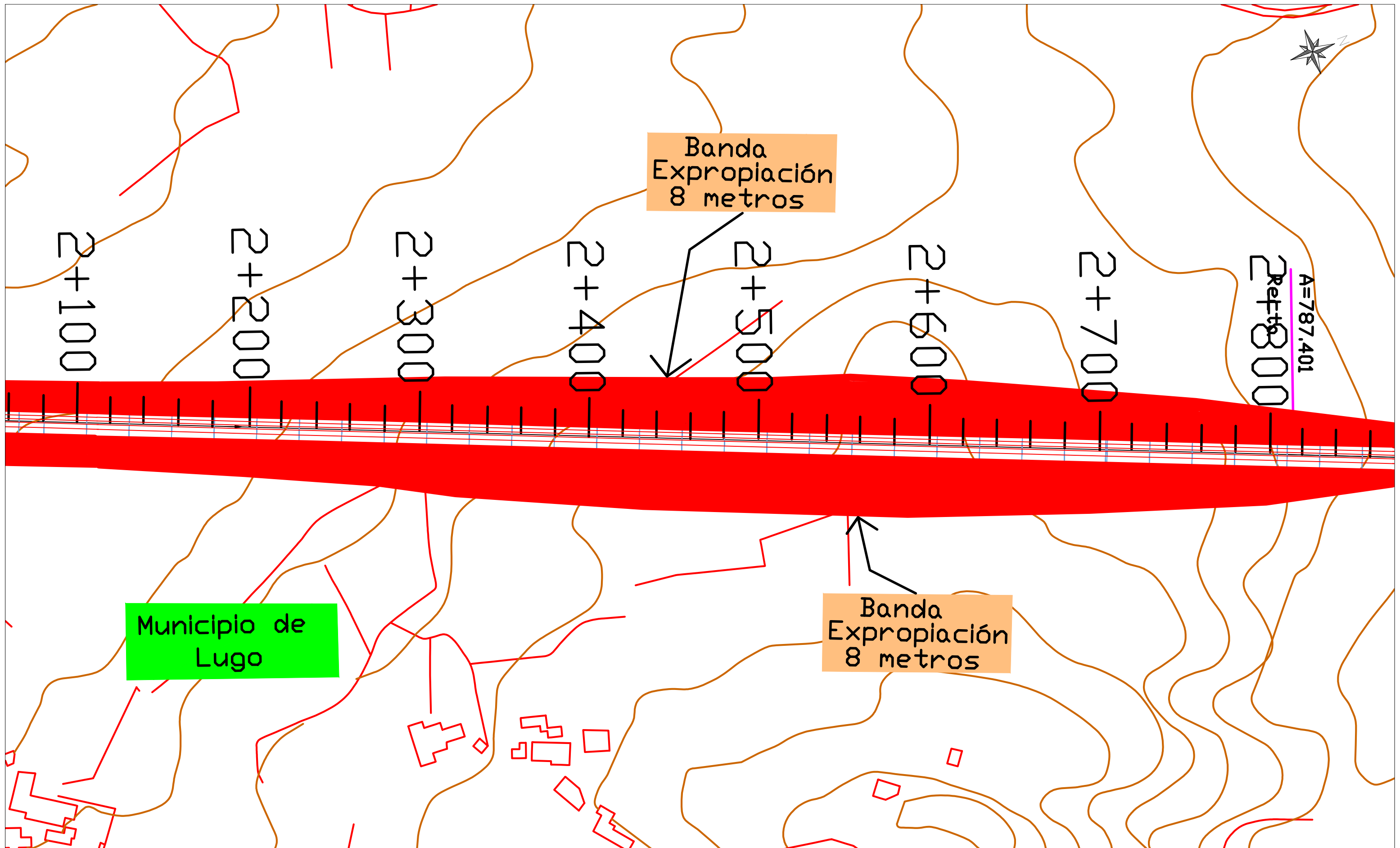
APÉNDICE 01: EXPROPIACIONES



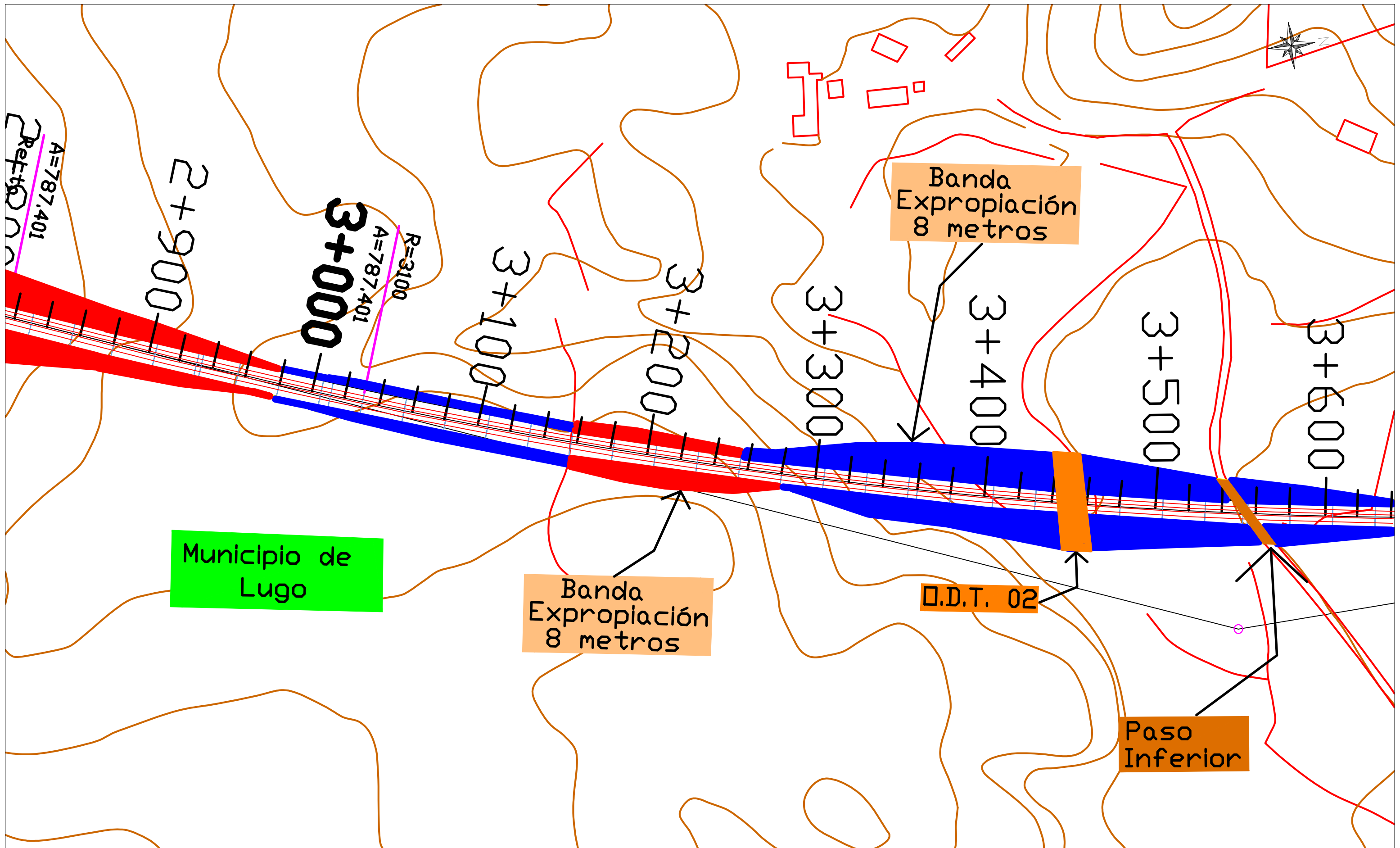


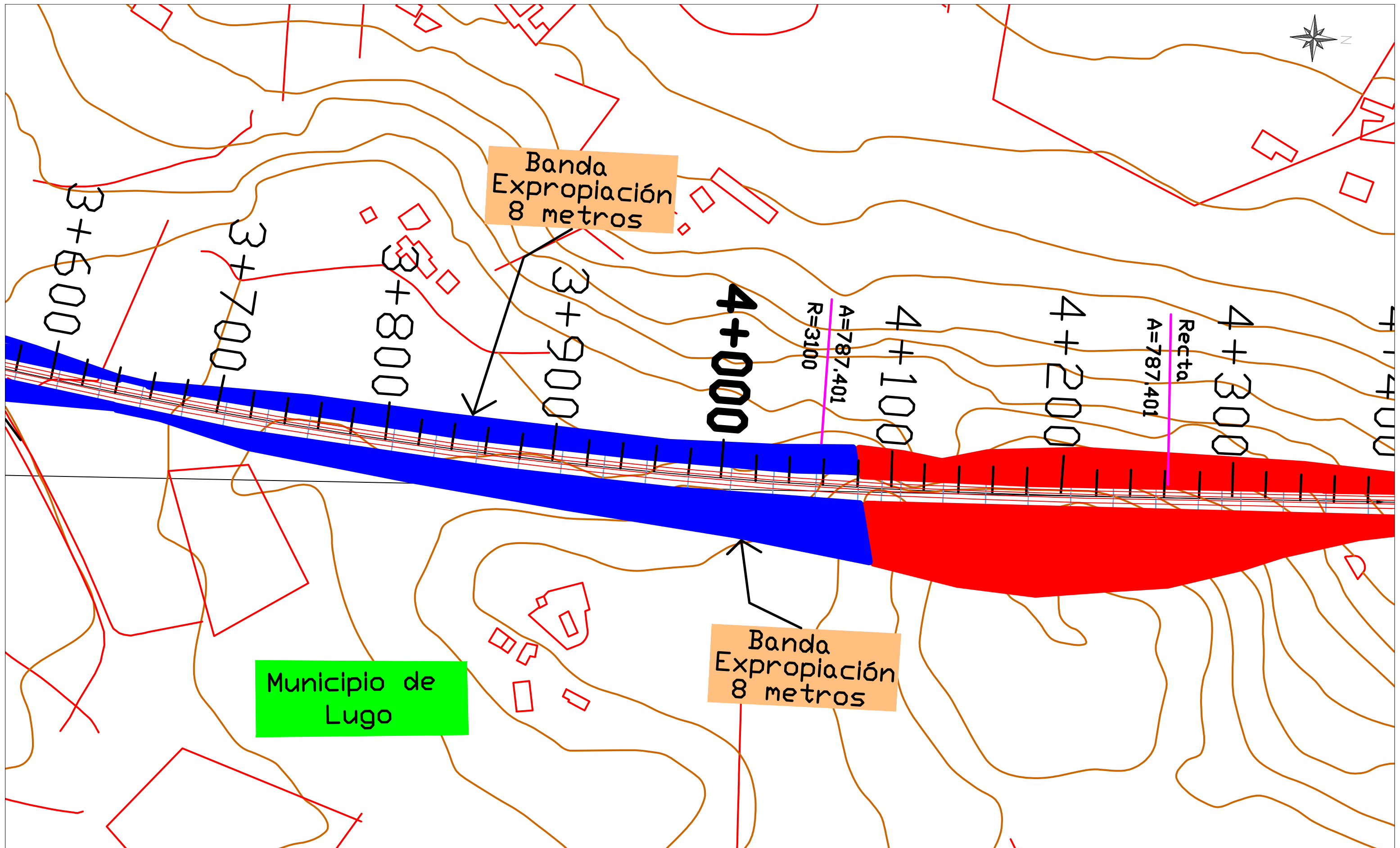
		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Expropiaciones	Escala E: 1/2.000	Fecha: Febrero 2018	Número de Plano: 01 Hoja 2 de 15
--	--	---	---	------------	---	------------------------------------	----------------------	------------------------	--

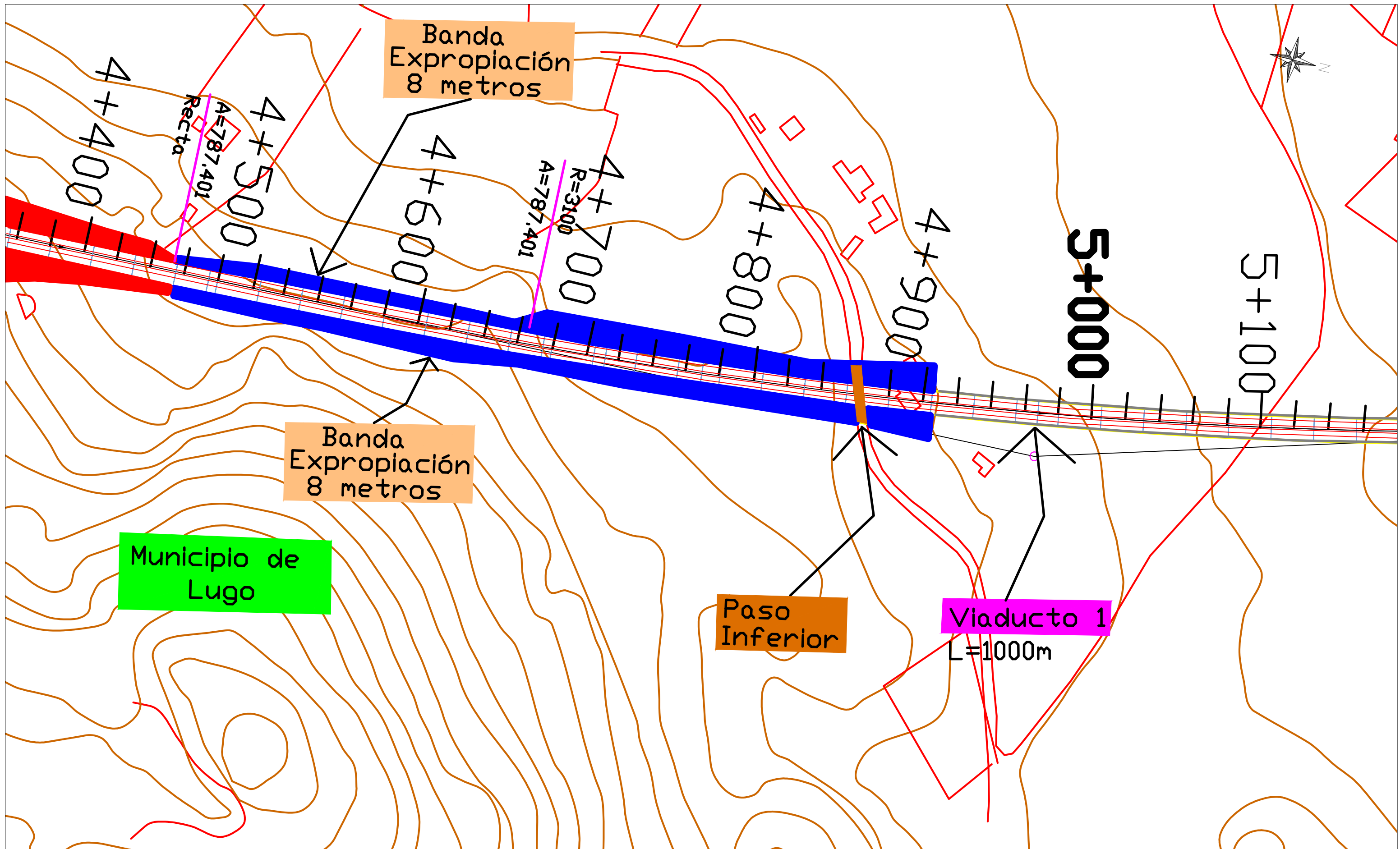




		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma:	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Expropiaciones	Escala E: 1/2.000	Fecha: Febrero 2018	Número de Plano: 01 Hoja 4 de 15
--	---	---	---	--------	---	------------------------------------	----------------------	------------------------	--







E.T.S de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos
Universidad de La Coruña

Autor del Proyecto:
Iván Benavides Cabezas

Firma:

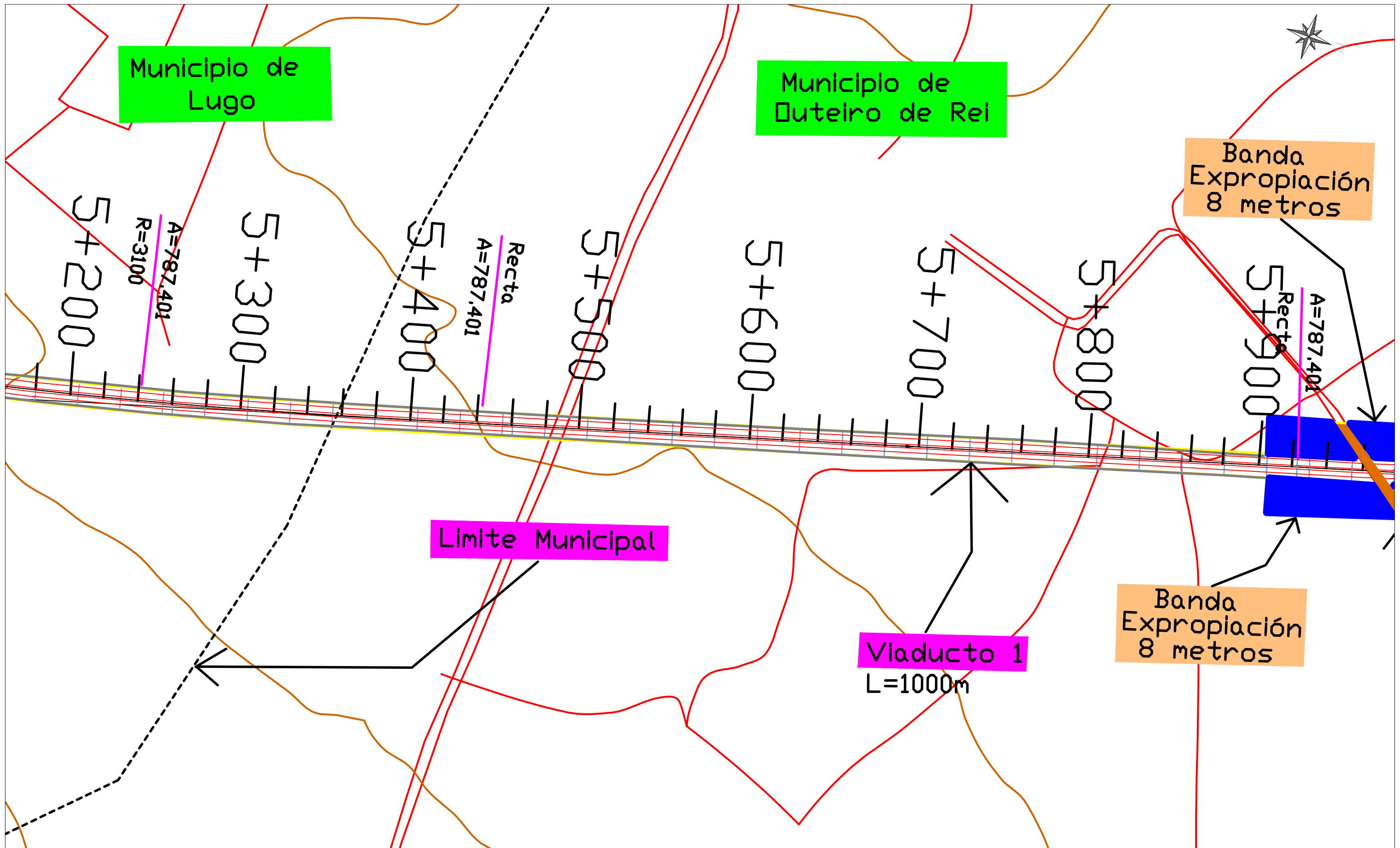
Título del Proyecto:
Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo
Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Título del Plano
Expropiaciones

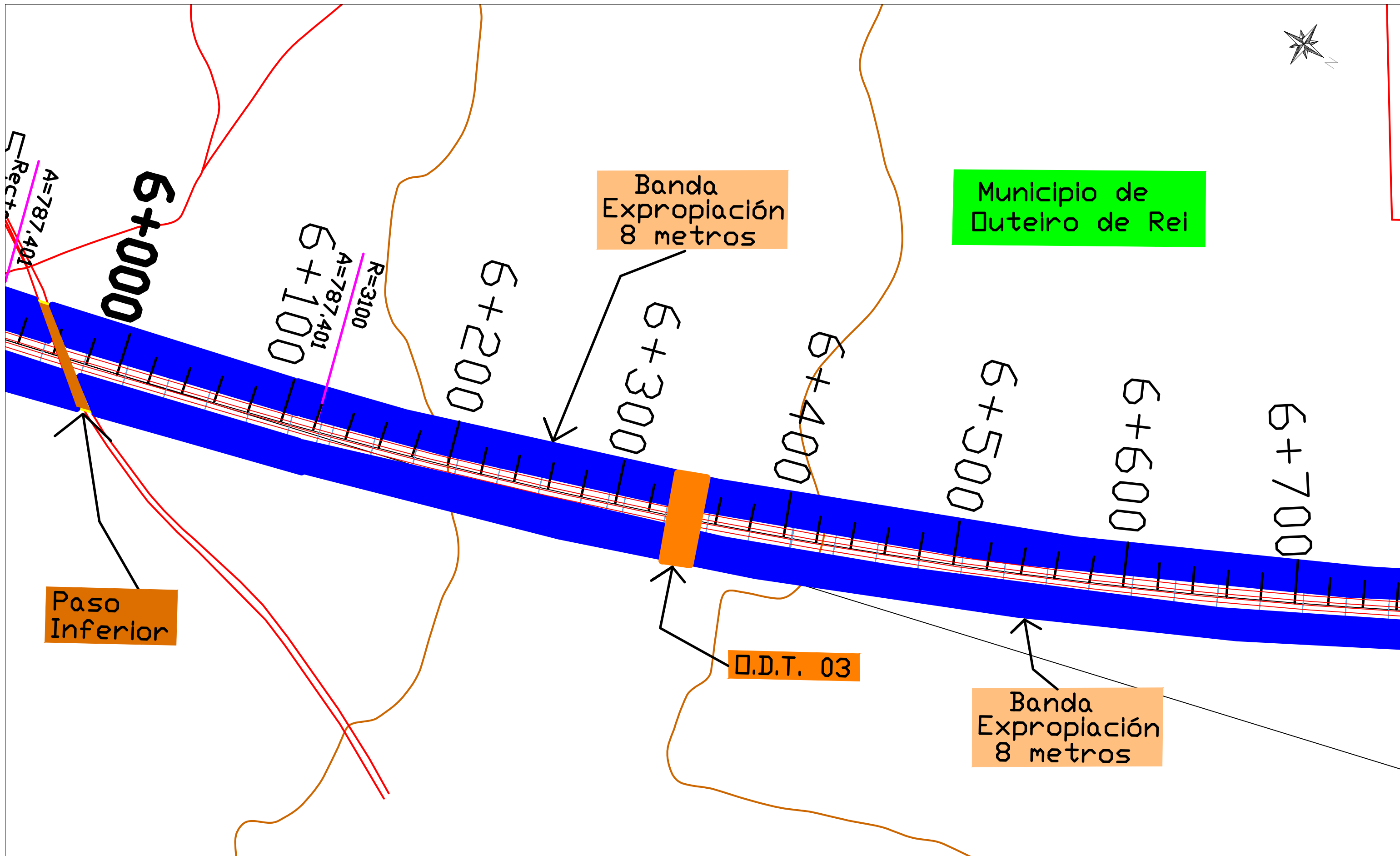
Escala
E: 1/2.000

Fecha:
Febrero 2018

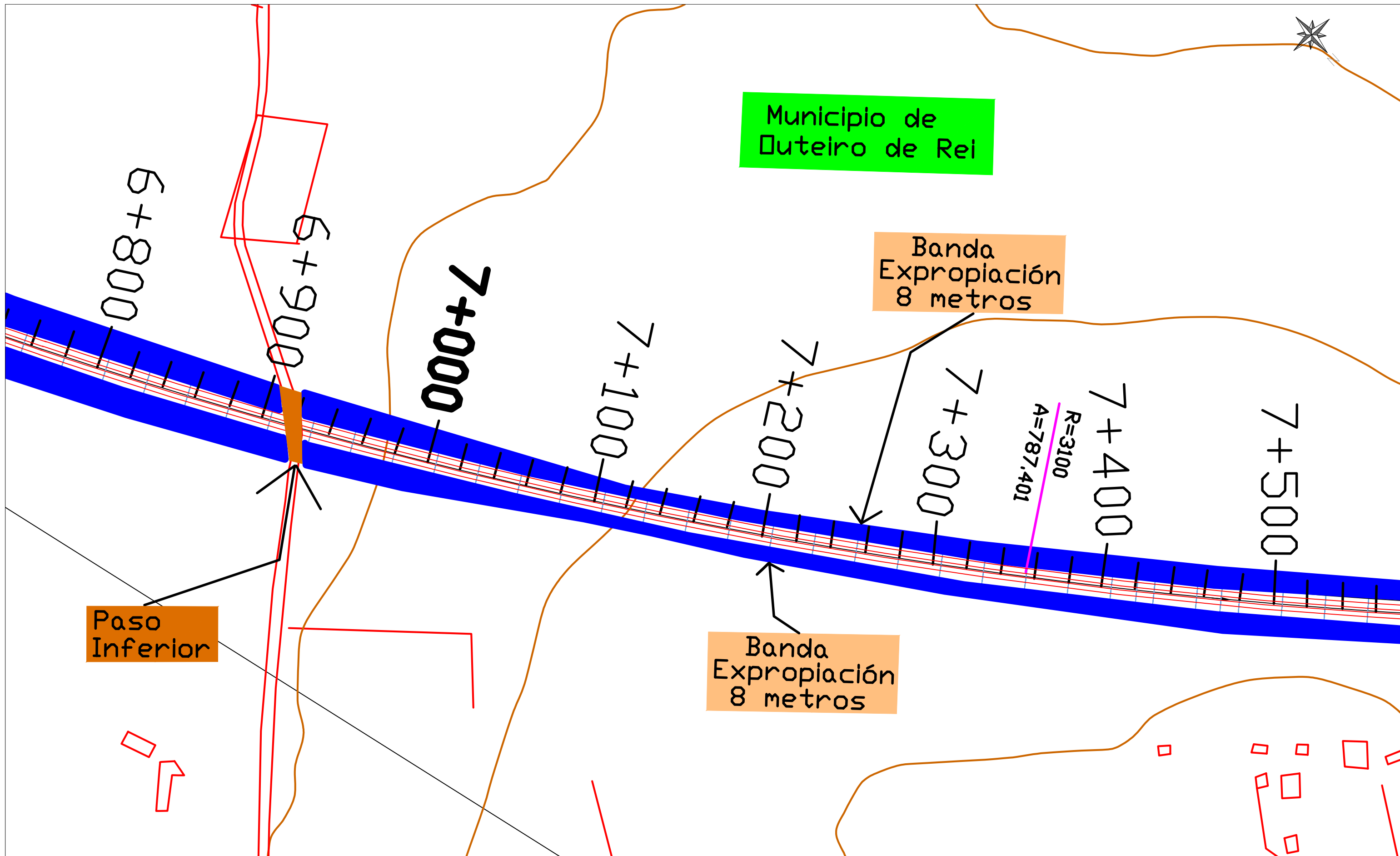
Número de Plano:
01
Hoja 7 de 15



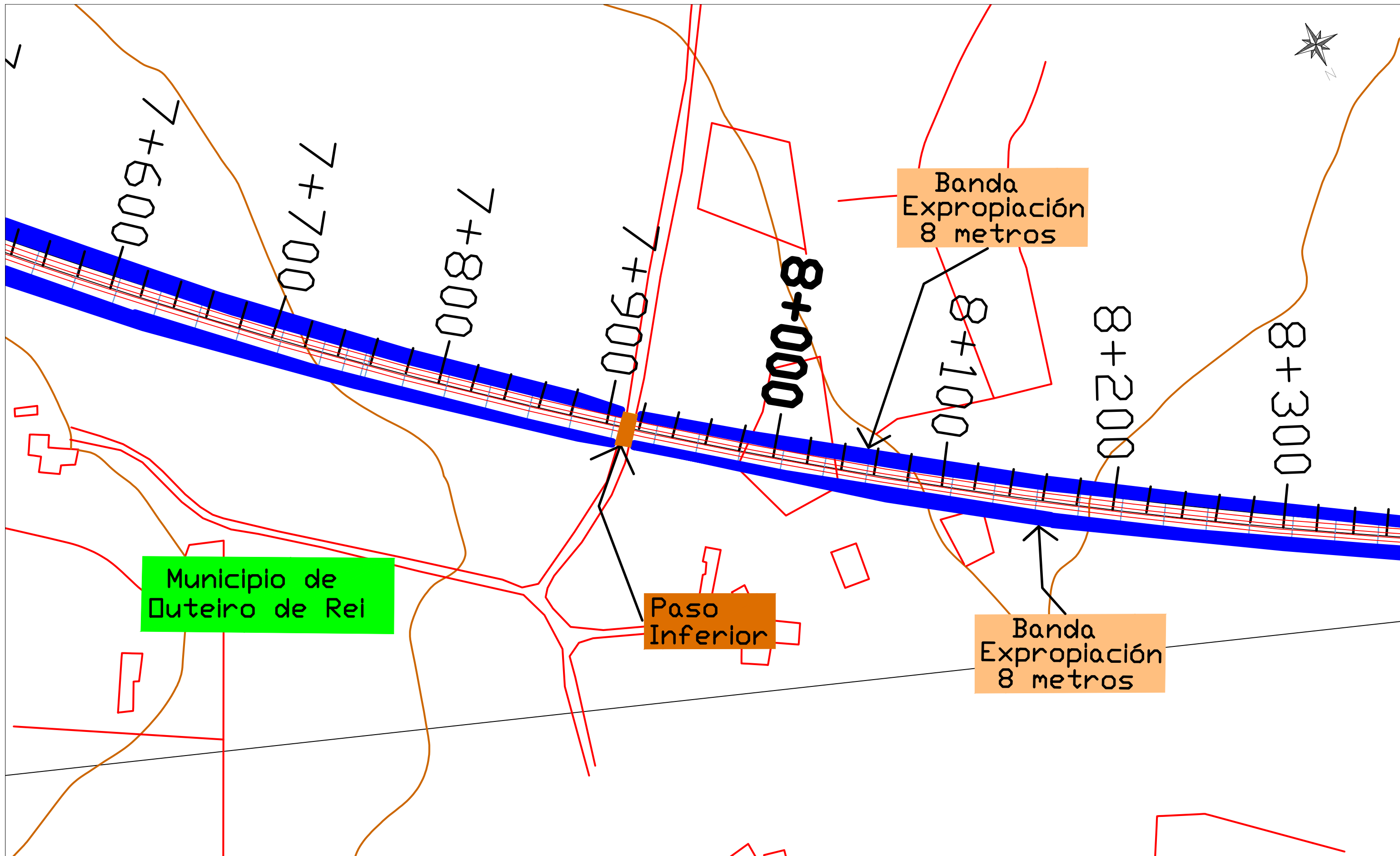
		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma:	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Expropiaciones	Escala E: 1/2.000	Fecha: Febrero 2018	Número de Plano: 01 Hoja 8 de 15
--	--	---	---	--------	---	------------------------------------	----------------------	------------------------	--

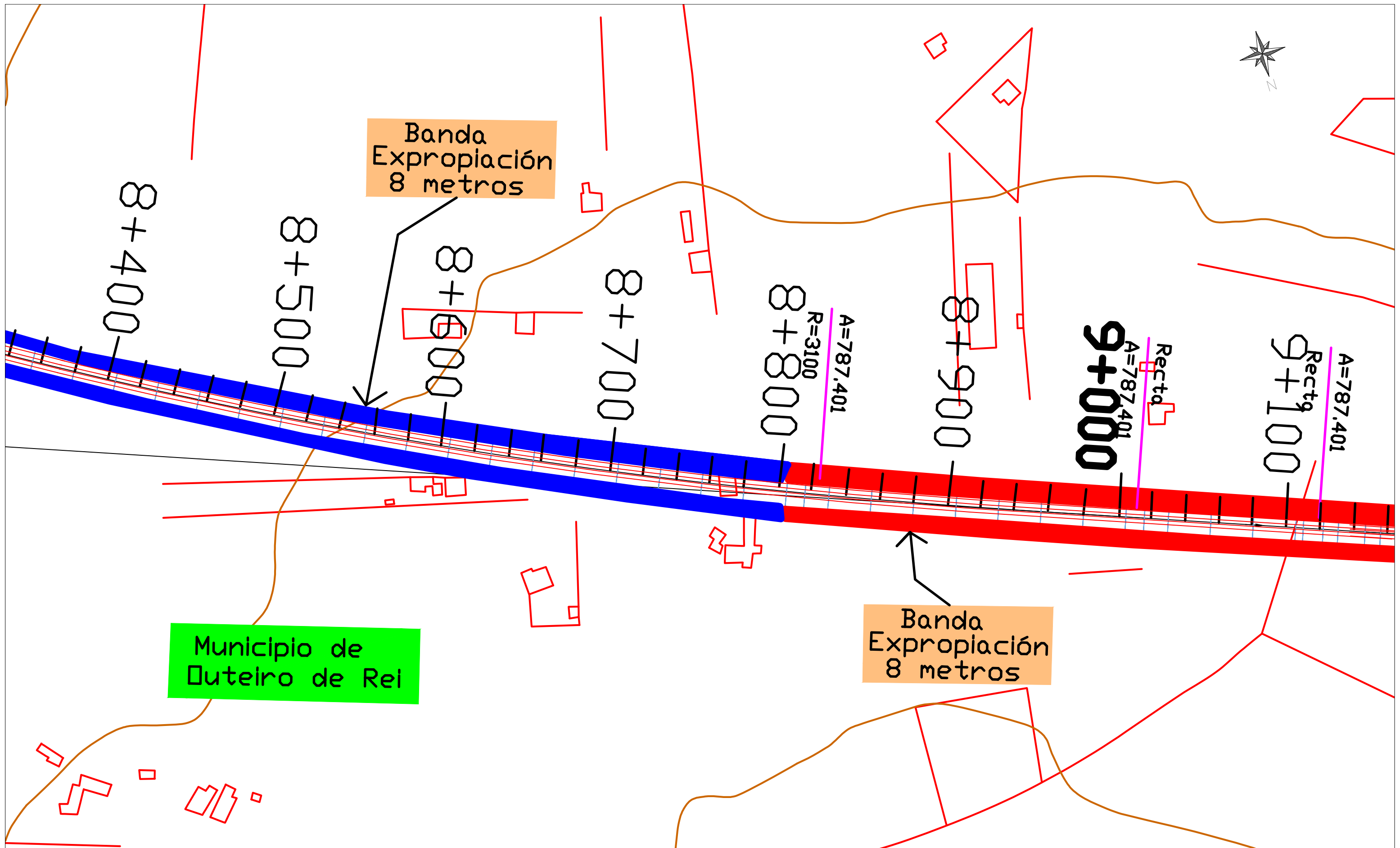


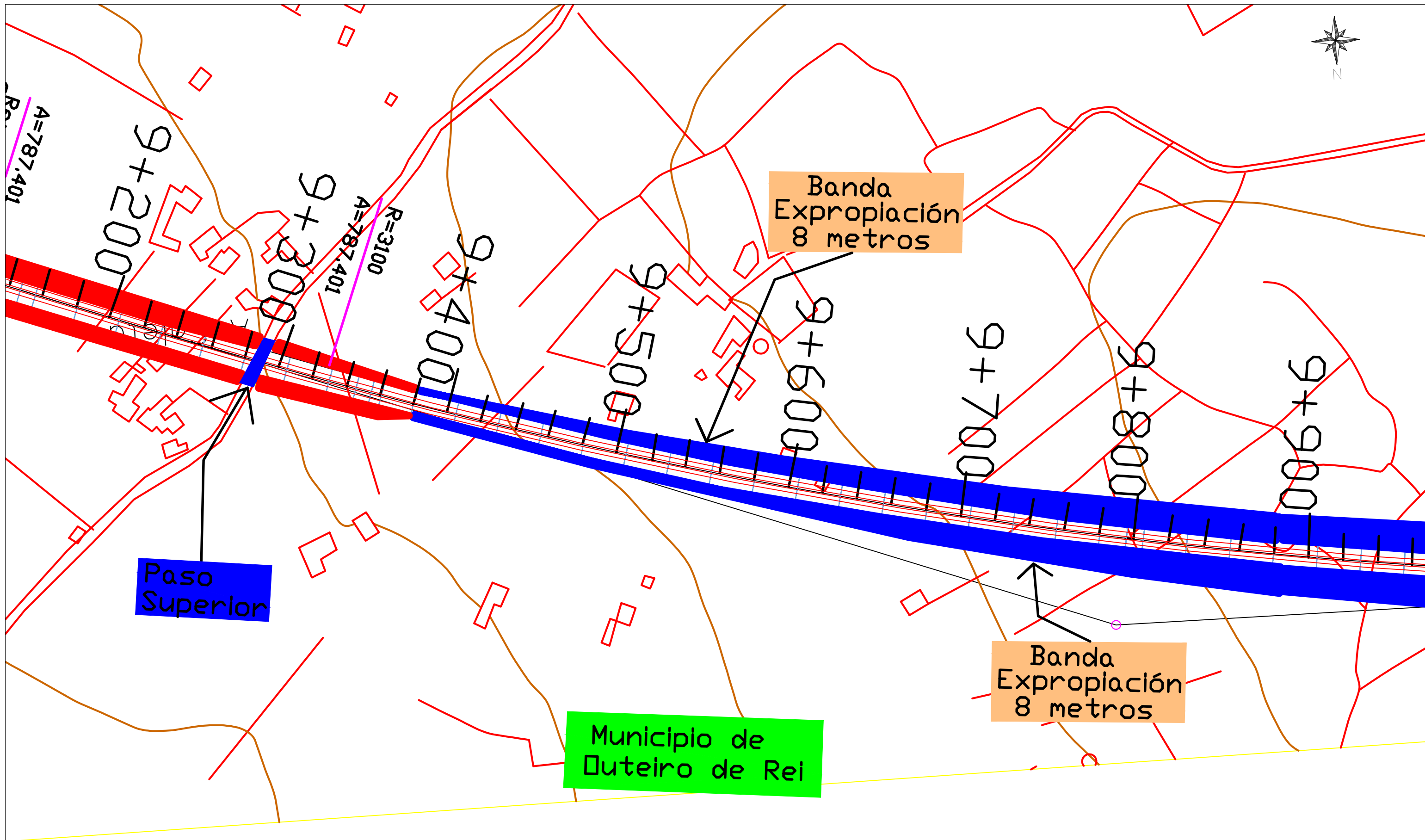
		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma:	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Expropiaciones	Escala E: 1/2.000	Fecha: Febrero 2018	Número de Plano: 01 Hoja 9 de 15
--	--	---	---	--------	---	------------------------------------	----------------------	------------------------	--

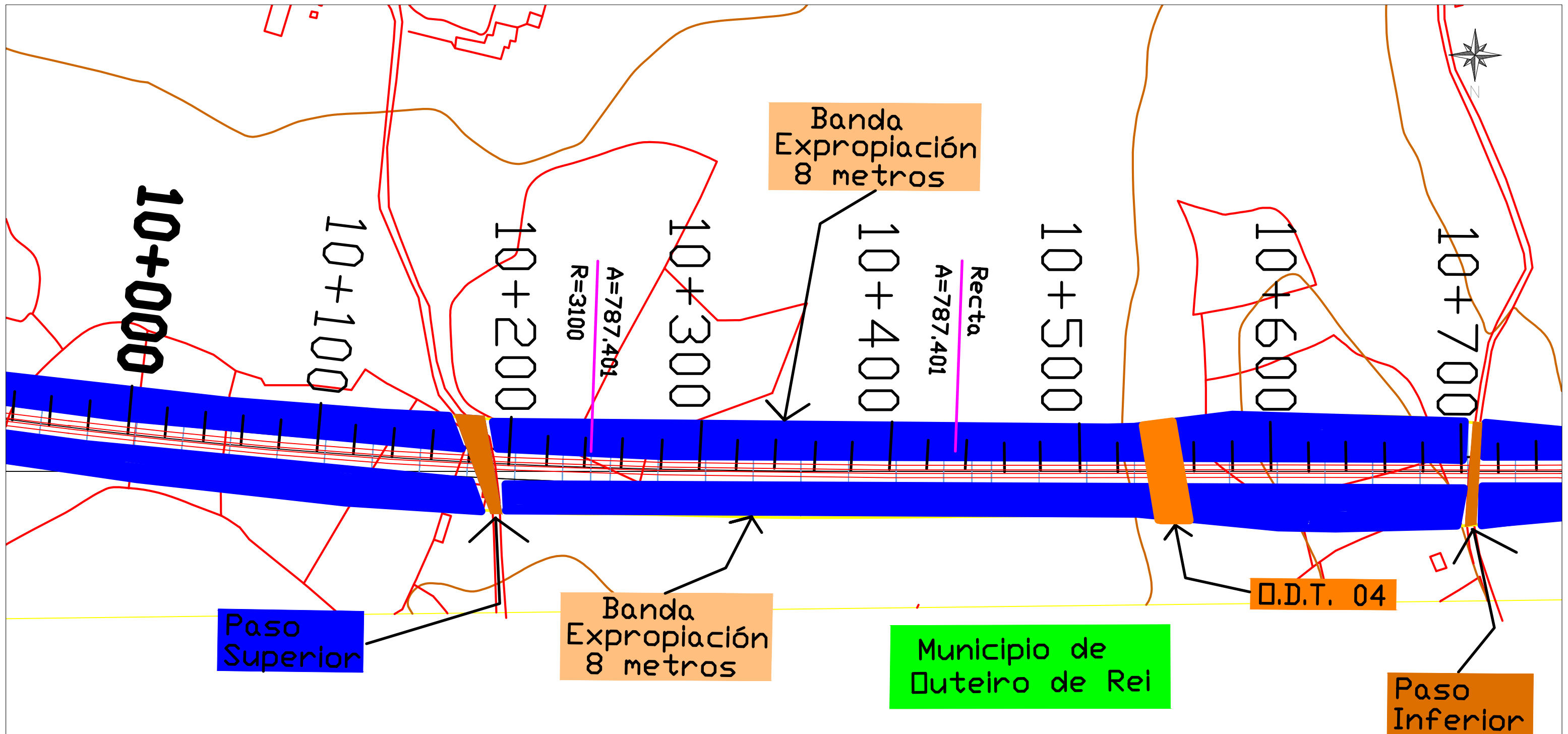


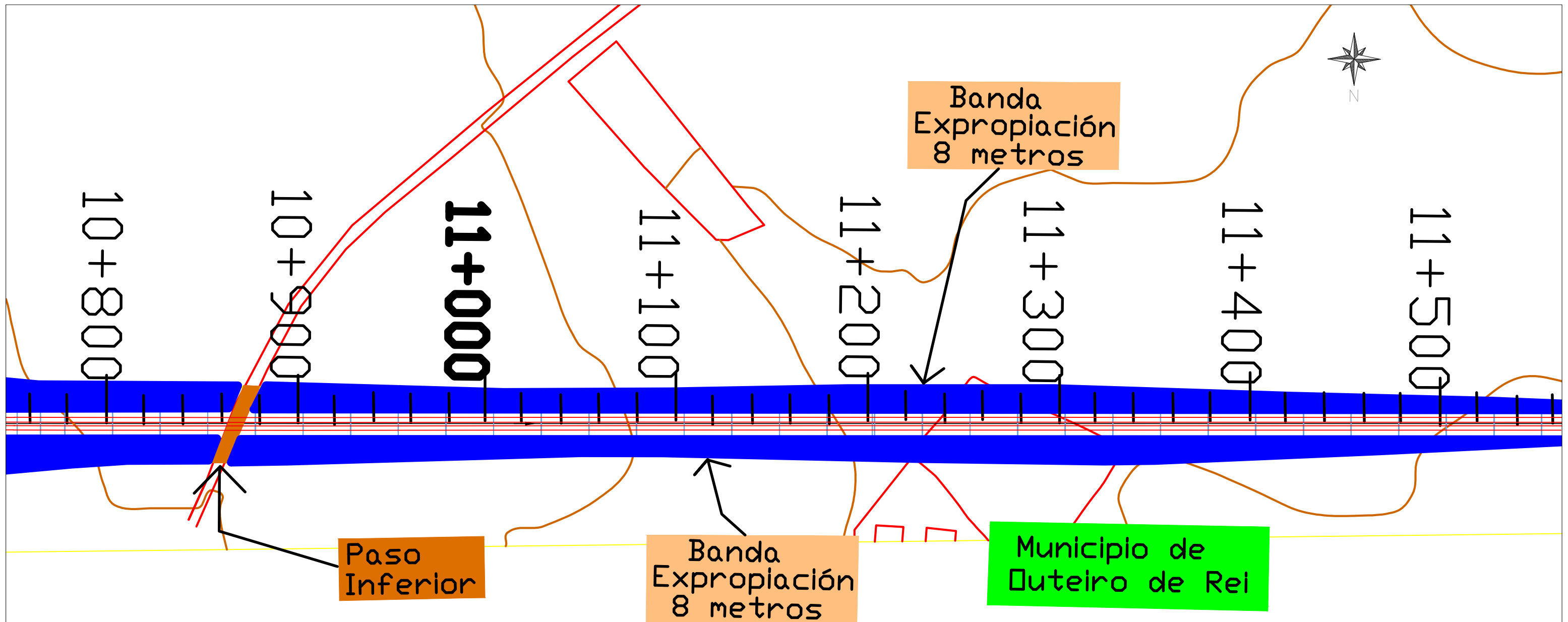
		E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña	Autor del Proyecto: Iván Benavides Cabezas	Firma: 	Titulo del Proyecto: Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo Tramo Lugo-Outeiro de Rei	Titulo del Plano Expropiaciones	Escala E: 1/2.000	Fecha: Febrero 2018	Número de Plano: 01 Hoja 10 de 15
--	--	---	---	------------	---	------------------------------------	----------------------	------------------------	---













ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANEJO N°09: TRAZADO



INDICE ANEJO N°09: TRAZADO

1. INTRODUCCIÓN
2. CONDICIONANTES
3. CRITERIOS DE DISEÑO
 - a. Trazado en planta
 - b. Trazado en alzado
4. DISPONIBILIDAD DE TERRENOS
5. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

APÉNDICE 01: LISTADO DE ALINEACIONES

APÉNDICE 02: ESTADO DE RASANTES

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo describe el trazado de Alta Velocidad de todas las actuaciones comprendidas en este tramo, exponiéndose los condicionantes y criterios de diseño considerados, y justificándose los parámetros geométricos y funcionales adoptados.

Al final del anejo se incluyen también los listados correspondientes al trazado en planta y alzado y que reflejan los cálculos analíticos realizados.

2. CONDICIONANTES

En primer lugar, la orografía de la zona se puede considerar ondulada en prácticamente toda su extensión en el área de actuación, lo cual permite el diseño de pendientes suaves y trazas relativamente homogéneas. La ciudad de Lugo se encuentra en una colina rodeada por el río Miño y los regatos Rato y Chanca.

La diferencia de altitud entre el centro de la ciudad y las márgenes fluviales es de cierta consideración, ya que mientras en el centro la altitud es de 465 metros sobre el nivel del mar, en el Miño, a la altura del Paseo Fluvial, la altitud es de 364 metros.

Más allá de la ciudad, en la comarca de Lugo, el relieve se caracteriza por una extensa zona de erosión o penillanura. La mayoría del territorio es de naturaleza granítica. Esto deriva en una topografía ondulada, con una altitud media entre los 400 y 500 metros, que se mantiene a través del municipio de Outeiro de Rei.

Otro factor a tener en cuenta es la hidrografía, la presencia del río Miño al oeste actúa como un gran condicionante geográfico a la hora del diseño. Además, el conjunto de sus paisajes, tanto rurales como urbanos, se encuentran enmarcados desde el año 2002 en la Reserva de la Biosfera “Terras do Miño”.

En cuanto a la infraestructura civil el principal condicionante es la presencia de la Autovía A-6 a lo largo que transcurre al oeste de nuestra actuación, casi paralelamente a la vía actual de ferrocarril.

En cuanto a los condicionantes ambientales, existen diferentes tipos de suelo en la zona de estudio, obtenidos del Plan de Ordenación Territorial del municipio de Lugo y Outeiro de Rei, respectivamente.

3. CRITERIOS DE DISEÑO

Se definen los parámetros básicos de diseño del trazado de nueva construcción, tanto en planta como en alzado, según las Instrucciones y recomendaciones para la redacción de proyectos de plataforma IGP – 3 en su última revisión del año 2011.

La velocidad de proyecto se establece en 240 km/h

a) Trazado en planta

El trazado en planta está referido a un único eje en doble vía, habilitado para ambos sentidos de circulación y formado por once alineaciones.

Según establece la IGP – 3 v2011, para la velocidad de proyecto de 240 km/h, el radio mínimo normal de trazado en planta será de 3.100 metros, común para todas las alineaciones, con valores de peralte en torno a 65 milímetros.

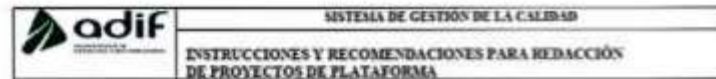
Los radios amplios favorecen el desarrollo de altas velocidades sin tener que recurrir a peraltes elevados, lo cual favorece enormemente la buena conservación de la plataforma ferroviaria, con la consiguiente reducción de los costes de explotación.

A continuación se incluyen las recomendaciones IGP – 3 v2011 normales y excepcionales para velocidades comprendidas entre 200 y 250 km/h con el fin de poder calcular con exactitud el cumplimiento en casos límites:

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA	

TABLA II - PARÁMETROS FUNCIONALES PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO

Velocidad máxima de proyecto:		$V_{lim} \text{ (km/h)} < 140$		$140 \leq V_{lim} \text{ (km/h)} < 200$		$200 \leq V_{lim} \text{ (km/h)} < 250$		$250 \leq V_{lim} \text{ (km/h)} < 300$		$300 \leq V_{lim} \text{ (km/h)} \leq 350$	
TRAZADO EN PLANTA		Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
MÁX. INSUF. DEL PERALTE	$I_{lim} \text{ (mm)}$	$(11,85 V_{lim}^2 / R) - D$		100	130	100	150	80	100	70	80
MÁX. AC. SIN COMPENSAR	$a_{lim} \text{ (m/s}^2\text{)}$	$(V_{lim}^2 / 12,96 R) - D / 153,82$		0,65	0,85	0,65	0,98	0,52	0,65	0,46	0,52
MÁX. EXCESO DE PERALTE (V_{lim} DE TRENS LENTOS)	$E_{lim} \text{ (mm)}$	$D - (11,85 V_{lim}^2 / R)$		80	100	80	100	80	100	80	100
MÁX. VAR. PERALTE CON TIEMPO $[dD/dt]_{lim} \text{ (mm/s)}$		$(V_{lim} / 3,6) \cdot (D / L)$		30	50	30	50	30	50	30	50
MÁX. VAR. ÁNGULO DE GIRO DE LA VÍA $[d\theta/dt]_{lim} \text{ (rad/s)}$		$(V_{lim} / 3,6) \cdot (D / 1507) / L$		0,020	0,033	0,020	0,033	0,020	0,033	0,020	0,033
MÁX. VAR. INSUF. CON EL TIEMPO $[dI/dt]_{lim} \text{ (mm/s)}$		$(L / L) \cdot (V_{lim} / 3,6)$		30	55	30	55	30	50	30	50
MÁX. VAR. AC. NO COMP. CON EL TIEMPO $[da/dt]_{lim} \text{ (m/s}^2\text{)}$		$(a_p / L) \cdot (V_{lim} / 3,6)$		0,20	0,36	0,20	0,36	0,20	0,33	0,20	0,33



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN
DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

TABLA III - PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO DEL TRAZADO

Velocidad máxima de proyecto		$V_{max} (km/h) < 140$		$140 \leq V_{max} (km/h) < 200$		$200 \leq V_{max} (km/h) < 250$		$250 \leq V_{max} (km/h) < 300$		$300 \leq V_{max} (km/h) < 350$	
TRAZADO EN PLANTA		Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
PERALTE MÁXIMO	$D_{max} (mm)$	140	160	140	160	140	160	140	160	140	160
MÁX. VAR. PERALTE RESP. DE LA LONGITUD (Rango de parábola)	$[dV/dL]_{max} (mm/m)$	0,5	2,5	0,5	1,0	0,3	1,0	0,3	1,0	0,3	1,0
LONGITUD MÍNIMA DE ALINEACIONES DE CURVATURA CONSTANTE (m)	CURVA CIRCULAR	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/4$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$
	RECTA ENTRE CURVAS DE IGUAL SIGNO DE CURVATURA	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/4$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$
	RECTA ENTRE CURVAS DE DISTINTO SIGNO DE CURVATURA (quando sea necesario)	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/4$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$

b) Trazado en alzado

El trazado en alzado está definido por un único eje en doble vía. A efectos de aplicación del IGP – 3 v2011, el valor máximo de inclinación normal de la rasante se aproximará a pendientes del 25‰ y 30‰ en casos excepcionales al tratarse de una vía general destinada al tráfico de viajeros.

El trazado de Alta Velocidad está formado por un conjunto de siete rasantes con pendientes máximas y mínimas de 20‰ y 9‰, respectivamente. Los parámetros mínimos normales en acuerdos verticales del tramo a diseñar son de 21.000 metros.

A continuación se adjuntan las tablas de comprobación del IGP – 3 v2011 de parámetros normales y excepcionales del trazado en alzado:

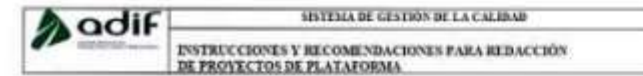


SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN
DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

TABLA II - PARÁMETROS FUNCIONALES PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO

Velocidad máxima de proyecto		$V_{max} (km/h) < 140$		$140 \leq V_{max} (km/h) < 200$		$200 \leq V_{max} (km/h) < 250$		$250 \leq V_{max} (km/h) < 300$		$300 \leq V_{max} (km/h) < 350$	
TRAZADO EN ALZADO	Fórmula	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
MÁX ACCELERACIÓN VERTICAL	$a_{v,max} (m/s^2)$	$V_{max}^2 / 12,50 R_v$	0,22	0,31	0,22	0,31	0,22	0,31	0,22	0,39	0,44



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN
DE PROYECTOS DE PLATAFORMA

TABLA III - PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO DEL TRAZADO

TRAZADO EN ALZADO		Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.	Normal	Excepc.
PENDIENTE LONGITUDINAL MÁX.	Vía general. Tráfico de viajeros	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30
	Vía general. Tráfico mixto	15	18	15	18	15	18	15	18	15	18
	En operaciones	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5
PENDIENTE LONG. MÍNIMA EN TÚNELES Y TRENCHERAS	$i_{min} (‰)$	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
LONGITUD MÍN. DE ACUERDOS VERTICALES	(m)	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/4$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$
LONGITUD MÍN. DE RASANTE UNIFORME ENTRE ACUERDOS	(m)	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/4$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/3$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$	$\geq V_{max}/1,5$	$\geq V_{max}/2$
LONGITUD MÁX. DE RASANTE CON LA PENDIENTE MÁXIMA (°)	(m)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Finalmente se muestra un resumen de los parámetros geométricos básicos adoptados para nuestro trazado y extraídos de la normativa empleada:

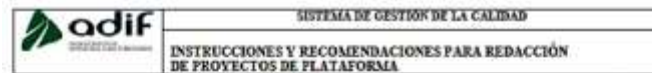


TABLA IV - GEOMETRÍA DEL TRAZADO PARA DISTINTAS VELOCIDADES

Velocidad máxima de proyecto (km/h)	Velocidad mínima admisible de trenes lentos (km/h)	Radio mínimo curva circular (m)		Longitud mínima de clotoide (m)		Parámetro mínimo en acuerdos verticales (m)	
		Normal	Excepcional	Normal	Excepcional	Normal	Excepcional
140	75	1.000	750	190	160	7.000	5.000
150	80	1.125	900	200	160	8.000	5.900
160	85	1.275	1.000	210	160	9.000	6.300
170	90	1.450	1.110	220	160	10.000	7.100
180	95	1.600	1.250	240	160	11.500	8.000
190	100	1.800	1.400	250	170	12.500	8.900
200	105	2.200	1.850	280	180	15.000	8.900
210	110	2.400	2.050	280	190	16.000	9.600
220	115	2.600	2.200	290	200	17.000	10.600
230	120	2.850	2.450	300	210	19.000	11.500
240	125	3.100	2.650	320	220	21.000	12.600
250	135	3.550	3.100	330	230	22.000	12.600
260	140	3.850	3.350	340	240	24.000	13.600
270	145	4.150	3.600	350	240	26.000	14.300
280	150	4.450	3.900	370	250	28.000	15.400
290	155	4.750	4.200	380	260	30.000	16.500
300	165	5.350	4.750	390	270	32.000	16.500
310	170	5.700	5.100	410	280	34.000	17.000
320	175	6.100	5.400	420	290	36.000	18.000
330	180	6.500	5.750	430	300	39.000	20.000
340	185	6.850	6.100	450	310	41.000	21.000
350	190	7.250	6.500	460	320	45.000	25.000

4. DISPONIBILIDAD DE TERRENOS

Con el fin de evitar un aumento considerable del presupuesto final se pretende evitar las expropiaciones de bienes inmuebles. Del mismo modo, también se evita en gran medida el uso de suelos urbanizables, además de evitar posibles efectos barrera una vez fuesen ocupados en un futuro próximo.

Queda totalmente prohibida la construcción en espacio protegido, por lo que de este modo, el trazado de las alternativas no puede introducirse sobre este tipo de suelo.

La expropiación de los terrenos resultantes de la aplicación de los criterios y parámetros anteriormente expuestos afecta a una superficie de 542.192,28 m², de los cuales 516.605,78 m² (90,31 %) corresponden a terrenos catalogados como suelo rural y 25.586,5 m² (9,61 %) como suelos urbanizados.

5. DESCRIPCION DEL TRAZADO

El trazado de la alternativa 3 es el de mayor longitud con una longitud total de 11.592 metros transcurre al norte de las otras dos. Cruza la Autovía A-6 en el P.K 0+450 con un galibo suficiente para el correcto tránsito de los vehículos, esta alternativa no cruza la actual vía del ferrocarril en ninguna ocasión. Cuenta con ocho pasos inferiores y tres superiores.

Al igual que la alternativa 1 la primera curva cuenta con un radio excepcional de 2.800 metros con el fin de evitar la desaparición del pueblo de Cacabelos y minimizar lo máximo posible las expropiaciones a realizar.

En alzado esta alternativa comienza adaptándose lo mas posible al terreno existente, hasta el PK 1+800 en donde los desmontes existentes comienzan a ser elevados. En el PK 3+050 se produce un cambio de rasante notable, pasando de una pendiente ascendente de un 11.2% a una pendiente descendente del 20%.

La existencia de grandes terraplenes existentes en el camino hacia el valle hace necesaria la construcción de un viaducto desde el PK 4+900 hasta el PK 5+900 con una longitud total de 1.000 metros. Desde este punto en adelante la traza del ferrocarril se adapta al terreno lo máximo posible con pendientes muy suaves que no superan el 6.3%.

En planta la traza va continuamente girando hacia el noroeste en busca del pueblo de Outeiro de Rei, las siguientes tres curvas de las que se compone nuestra alineación son curvas de izquierdas de radio 3.100 metros.

En resumen, en alzado las pendientes oscilan entre el 1.97% y el 0.09% inferiores al 2% que establece la normativa para la velocidad de proyecto de 240 km/h. Al no atravesar la línea actual del ferrocarril o la autovía en más ocasiones esto hace que se pueda jugar más con las pendientes posibles. Los acuerdos verticales son amplios con radios superiores a los 21.000 metros lo que permite una transición entre pendientes suave y cómoda.

La traza en planta está compuesta por radios mínimos de 3.100 metros como especifica la normativa, a excepción de la primera curva que posee un radio de 2.800 metros con el fin de que el número de expropiaciones no aumente innecesariamente.

La orografía que ocupa esta alternativa es más benevolente que en las dos anteriores esto hace que solamente sea necesaria la construcción de un viaducto entre los P.K 4+900 y P.K 5+900 con una longitud total de 1.000 metros, muy inferior a la longitud que requerían las alternativas 1 y 2. Como no existen coberturas de tierra superiores a los 30 metros de altura no se hace necesaria la construcción de secciones en túnel.

En cuanto al movimiento de tierras al ser esta alternativa la que presenta una mejor orografía también es la que presenta una mejor compensación de tierras con un solamente un déficit de tierras de 52.000 metros cúbicos. Al igual que en las alternativas anteriores la práctica totalidad de la traza transcurre por suelo rustico de bajo valor socio-económico.



ALTERNATIVA 3. RESUMEN

Longitud Total 11.592m

Estructuras

Viaducto 1 1.000 m

Total Estructuras 1.000m

Pasos Superiores 1

Pasos Inferiores 9

Movimiento de Tierras

Desmonte 1.420.621m³

Terraplen 1.472.698m³

Total Balance de Tierras 52.077m³

Pasos Superiores

Paso Superior 1 204,73m²

Pasos Inferiores

Paso Inferior 1 286,21 m²

Paso Inferior 2 196,97m²

Paso Inferior 3 198,10m²

Paso Inferior 4 353,28m²

Paso Inferior 5 165,70m²

Paso Inferior 6 359,75m²

Paso Inferior 7 171,04m²

Paso Inferior 8 154,31m²

Paso Inferior 9 206,21m²



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

APÉNDICE 01: LISTADO DE ALINEACIONES

ALTERNATIVA 3

Nº	A	P	K	Longitud	P.K. inicial	P.K. final	X total	Y total	Tangente corta	Tangente larga	Radio
1				371.582m	0+00.00m	3+71.58m					
2.1	748.331m	0.595m	99.996m	200.000m	3+71.58m	5+71.58m	199.974m	2.381m	66.675m	133.342m	
2.2				795.778m	5+71.58m	13+67.36m					2800.000m
2.3	748.331m	0.595m	99.996m	200.000m	13+67.36m	15+67.36m	199.974m	2.381m	66.675m	133.342m	
3				1238.463m	15+67.36m	28+05.82m					
4.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	28+05.82m	30+05.82m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
4.2				1083.000m	30+05.82m	40+88.82m					3100.000m
4.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	40+88.82m	42+88.82m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
5				180.854m	42+88.82m	44+69.68m					
6.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	44+69.68m	46+69.68m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
6.2				586.267m	46+69.68m	52+55.94m					3100.000m
6.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	52+55.94m	54+55.94m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
7				461.768m	54+55.94m	59+17.71m					
8.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	59+17.71m	61+17.71m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
8.2				2693.155m	61+17.71m	88+10.87m					3100.000m
8.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	88+10.87m	90+10.87m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
9				130.051m	90+10.87m	91+40.92m					
10.1	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	91+40.92m	93+40.92m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
10.2				898.873m	93+40.92m	102+39.79m					3100.000m
10.3	787.401m	0.538m	99.997m	200.000m	102+39.79m	104+39.79m	199.979m	2.150m	66.673m	133.341m	
11				1152.771m	104+39.79m	115+92.56m					



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA
INGENIERÍA CIVIL
DE GALICIA

Línea de Alta Velocidad La Coruña-Lugo. Tramo Lugo-Outeiro de Rei

Iván Benavides Cabezas



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

APÉNDICE 02: ESTADO DE RASANTES

ALTERNATIVA 3

N°	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	Tipo de curva de perfil	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	470.044m		-0.61%			
2	465.631m	-0.61%	1.77%	Cóncavo	531.212m	22304.452m
3	485.920m	1.77%	1.12%	Convexo	384.518m	59480.726m
4	498.949m	1.12%	-1.97%	Convexo	656.176m	21202.400m
5	465.734m	-1.97%	-1.99%	Convexo	57.406m	253764.148m
6	433.186m	-1.99%	-0.16%	Cóncavo	208.871m	25952.992m
7	431.138m	-0.16%	-0.40%	Convexo	337.764m	146611.902m
8	424.646m	-0.40%	-0.63%	Convexo	251.526m	107937.058m
9	413.651m	-0.63%	-1.66%	Convexo	436.550m	42228.341m
10	403.492m	-1.66%				